СТО 218.3.001-2006
ОКС 93.080.01
91.100.60

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

Проектирование и устройство теплоизолирующих слоёв из экструдированного пенополистерола «STYROFOAM» на автомобильных дорогах России

The Dow Chemical Company
(Дау Кемикал Компани)

Москва
2006

gost.e-ecolog.ru

СТО 218.3.001-2006
ОКС 93.080.01
91.100.60

1. **РАЗРАБОТАН** ФГУП «РОСДОРНИИ» Федерального дорожного агентства Министерства транспорта РФ на основе многолетних исследований (отд. №31 «Исследования дорог на многолетнемерзлых грунтах») по заданию «ДАУ ЮРОП ГмбХ».

ИСПОЛНИТЕЛИ: ФГУП «РОСДОРНИИ» отдел № 31: профессор, канд. техн. наук, начальник отдела В.А. Давыдов (руководитель разработки), доктор РАЕН, ст. н. с., Л.П. Троян, мл. н. с. О.Н. Гулько; «ДАУ ЮРОП ГмбХ»: технический эксперт по «STYROFOAM» в России С.В. Матанцев. Подготовка чертежей, приложений, оформление СТО выполнены младшими научными сотрудниками отдела № 31 О.Н. Гулько, А.В. Кегелес и инженером С.В. Матанцевым «ДАУ».

2. **ВНЕСЁН:** Представительством компании «ДАУ ЮРОП ГмбХ»

3. **УТВЕРЖДЁН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ:** Представительством компании «ДАУ ЮРОП ГмбХ» «26» мая 2006 г.

4. **ВВЕДЁН ВПЕРВЫЕ**

5. **ЗАМЕЧАНИЯ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОСИМ НАПРАВЛЯТЬ ПО АДРЕСАМ:**

125493, Москва, ул. Смольная, 2, ФГУП «РОСДОРНИИ»
Генеральному директору ФГУП «РОСДОРНИИ»,
доктору экономических наук С.В. Федотову
Тел.: (495) 459-03-49, факс: (495) 452-42-35;
e-mail: gost.e-ecolog.ru

109451, Москва, ул. Братиславская, д.13/1, каб. 372, ФГУП «РОСДОРНИИ»,
отдел №31 «Исследование дорог на многолетнемёрзлых грунтах»,
профессору В.А. Давыдову
Телефоны/факсы: 8 - (495) 452-37-61 или 347-92-55; сл. тел. 684-31-89
e-mail: gost.e-ecolog.ru
e-mail: gost.e-ecolog.ru
e-mail: gost.e-ecolog.ru

109004, Москва, ул. Таганская, 17/23
Постоянное представительство фирмы «DOW» в России
Тел.: 8 - (495) 258-56-90, факс: 8 - (495) 258-56-91 / 92;
e-mail: gost.e-ecolog.ru
gost.e-ecolog.ru

Настоящий «СТО» запрещается полностью или частично воспроизводить, тиражировать и распространять без разрешения фирмы «The Dow Chemical Company» (Дау Кемикал Компани), а также ФГУП «РОСДОРНИИ» Федерального дорожного агентства Министерства транспорта РФ.

© ФГУП «РОСДОРНИИ», 2006 г.
© The «Dow Chemical Company» (Дау Кемикал Компани), 2006 г.

СТО 218.3.001-2006
ОКС 93.080.01
91.100.60

УТВЕРЖДАЮ:
Представительство компании
«ДАУ ЮРОП ГмбХ»
Генеральный директор

Адриаан ван ден Берген

«26» мая 2006г.

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И УСТРОЙСТВО ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИХ СЛОЁВ ИЗ ЭКСТРУДИРОВАННОГО ПЕНОПОЛИСТИРОЛА «STYROFOAM» НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ РОССИИ

ПРИЛОЖЕНИЯ

А. Дорожно-климатическое районирование 39
Б. Глубина промерзания грунтов 40
В. Указания по организации стационарных наблюдений 41
Г. Теплофизические характеристики конструктивных слоёв из различных дорожно-строительных материалов 45
Д. Расчётные значения теплофизических характеристик грунтов в талом и мёрзлом состоянии 46
Е. Толщина геопенопласта «Стайрофом» на автомобильных дорогах II технической категории, при III типе местности, II — IV дорожно-климатических зон, с асфальтобетонным покрытием на территории России 47
Ж. Толщина геопенопласта «Стайрофом» на автомобильных дорогах II технической категории, при III типе местности, I дорожно-климатической зоны, с асфальтобетонным покрытием на территории России 50
И. Пример расчёта толщины геопенопласта «Стайрофом» на автомобильных дорогах II технической категории, при III типе местности, I дорожно-климатической зоны, с асфальтобетонным покрытием на территории России 51
К. Значения упругости насыщенного водяного пара *E* при температуре от 0 до минус 41°*C*, *Па* 52
Л. Расчёт высоты насыпи с учётом увлажнения местности 53
М. Список нормативно-технических документов и литературы 54

Содержание

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Введение 1
2. Геопенопласт «Стайрофом» — термоизоляция автомобильных дорог 1
3. Физико-механические свойства геопенопласта «Стайрофом» (STYROFOAM) 3
4. Геопенопласт «Стайрофом» 4
   4.1. Область применения геопенопласта «Стайрофом» 4
   4.2. Хранение геопенопласта «Стайрофом» 5
5. Дорожные конструкции с геопенопластом «Стайрофом» 5
   5.1. Принципы расчета конструкций с прослойками из геопенопласта «Стайрофом» по строительной стоимости 5
   5.2. Принципы оценки эффективности конструкций с геопенопластом «Стайрофом» 6

ДЛЯ РАЙОНОВ СЕЗОННОГО ПРОМЕРЗАНИЯ ГРУНТОВ ВО II — V ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ (ДКЗ)

6. Расчёт термоизолирующего слоя из геопенопласта «Стайрофом» при сезонном промерзании дорожной конструкции 8
7. Конструирование дорожной одежды с геопенопластом «Стайрофом» 14
8. Технология и организация работ по устройству термоизоляции из геопенопласта «Стайрофом» при строительстве дорог 20
   8.1. Устройство теплоизолирующей прослойки из плит геопенопласта «Стайрофом» на автодороге 20
   8.2. Устройство теплоизолирующей прослойки из плит геопенопласта «Стайрофом» при строительстве мостов, водопропускных труб и тоннелей 21

ДЛЯ РАЙОНОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЁРЗЛЫХ ГРУНТОВ В I ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ (ДКЗ)

9. Основные термины и понятия мерзлотоведения 22
10. Принципы проектирования 23
11. Конструкции земляного полотна с геопенопластом «Стайрофом» 23
12. Водоотводные сооружения 29
13. Земляное полотно на наледных участках в районах ВМГ 30
14. Конструкции дорожных одежд 33
15. Пересечения автомобильных дорог с горячими трубопроводами, газо- и нефтепроводами 33
16. Основные положения по организации работ 34
17. О строительстве дорожных одежд 36
18. Теплотехнический расчёт для геопенопласта «Стайрофом» 36
19. Контроль за качеством производства и приёмка работ 37
20. Охрана окружающей среды 38

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Введение

Стандарт организации на проектирование и устройство теплоизолирующих слоёв из экструдированного пенополистирола «STYROFOAM» на автомобильных дорогах России разработан в соответствии с Федеральным законом от 27.12.2002 №184-ФЗ «О техническом регулировании» и ОДМ 218.1.001-2005 «Рекомендации по разработке и применению документов технического регулирования в сфере дорожного хозяйства».

Стандарт организации разработан для правильного применения проектными и строительными организациями экструдированного пенополистирола «STYROFOAM» на автомобильных дорогах России, изготавливаемый «The Dow Chemical Company» (Дау Кемикал Компани) для внутреннего и внешнего рынка.

Стандарт организации может использоваться другой организацией в своих интересах только по договору с компанией «The Dow Chemical Company» (Дау Кемикал Компани), в котором предусматривается полное выполнение данного Стандарта организации.

Россия характеризуется значительным разнообразием природно-климатических условий и огромными перепадами температуры воздуха летом и зимой (от + 60 °*C* до минус 60 °*C*). По дорожно-климатическому районированию (см. СНиП 02.05.02-85) вся **территория России подразделена на 5 (пять) зон: первая** — зона вечной мерзлоты, **вторая** — зона избыточного увлажнения местности, **третья** — зона умеренного увлажнения местности, **четвёртая** — зона недостаточного увлажнения местности и **пятая** — засушливая зона **(Приложение А)**.

В Северном полушарии Земли вечная мерзлота занимает более 22 000 000 *км*^{2}, из которых на долю территории бывшего Советского Союза приходилось более половины (11 454 000 *км*^{2}, что составляло более 49% территории СССР), а в современной Российской Федерации уже превышает 65% её территории, в том числе занимает 85% территории Сибири, 95% Республики Саха (Якутии) и т.д. **(см. таблицу 1.1)**.

При этом I ДКЗ — зона вечной мерзлоты занимает наибольшую территорию России. В свою очередь зона вечной мерзлоты подразделяется на **три подзоны: Северную, Центральную и Южную (прил. А).** Подробнее дорожно-климатическое районирование рассмотрено в документе Минтранса РФ ОДМ.218.0.084-2006 «Рекомендации по изысканиям, проектированию и строительству автомобильных дорог в районах вечной мерзлоты» (взамен ВСН 84-89).

Кроме того, вся территория страны находится под воздействием промерзания и оттаивания почвы. Во II и III дорожно-климатических зонах глубина промерзания достигает 2,5—3 *м* и более. **Автомобильные дороги должны быть защищены от деформаций из-за действия морозного пучения**, чтобы сохранить свои транспортно-эксплуатационные качества и обеспечить бесперебойное круглогодичное движение. Это можно осуществить при условии применения современных теплоизоляционных высокотехнологичных материалов.

Таблица 1.1 — Распространение вечной мерзлоты в бывшем СССР

Географические зоны	Площадь, занимаемая вечномёрзлыми грунтами, *км*^{2}	Процент ко всей зоне вечной мерзлоты СССР, %	Преобладающие почвогрунты
Горная тундра	1 486 000	13	Скальные обмолочные
Тундра суглинистая	1 570 000	13,7	Торфяно-глеевые, сильно льдонасыщенные
Лесотундра	261 000	2,3	То же, в горах — скелетные
Лесная зона	7 308 000	63,8	То же
Лесостепь	153 000	1,3	В поймах торфяно-подзолистые, влажные
Степь	276 000	2,4	Сухие суглинистые, супесчаные
Пустыня	400 000	3,5	То же
ВСЕГО в СССР	**11 454 000**	**100**	

2. Геопенопласт «Стайрофом» — термоизоляция автомобильных дорог

«The Dow Chemical Company» (Дау Кемикал Компани) производит экструдированный пенополистирол «STYROFOAM» (геопенопласт «Стайрофом») с 1941 года.

Все материалы серии «Стайрофом» имеют отличительный голубой цвет и равномерную мелкую закрытоячеистую структуру, сочетающую в себе высокие изоляционные параметры с прекрасными

Таблица 2.1 — Изменение физико-механических свойств геопенопласта «Стайрофом» в течение 20 лет (а/д Омск–Новосибирск)

Наименование показателей	Метод	Показатели свойств в:		
		1983 г.	1995 г.	2003 г.
Плотность, *кг/м³*	ГОСТ 15588	38	43,1	44,9
Прочность на сжатие при 10% деформации, *МПа*	ГОСТ 15588	0,40	0,48	0,52
Модуль упругости, *МПа*	ГОСТ 23404	15	19,2	21,3
Теплопроводность в водонасыщенном состоянии, *Вт/(м·°К)*	ГОСТ 7076	—	0,0301	0,0309

механическими характеристиками. Таким образом, этот материал способен обеспечить долгую жизнь любого сооружения, независимо от климатических условий. В 1956 г. «Стайрофом» впервые применили на автомобильной дороге.

В России «Стайрофом» впервые применил «СОЮЗДОРНИИ» под руководством д.т.н., профессора Рувинского В.И. в 1983 году на участке дороги Омск—Новосибирск (1304 *км*) и в течение нескольких лет вёл наблюдение за этим участком. В 1995 году сотрудники Омского филиала «СОЮЗДОРНИИ» провели обследование данного участка.

Омский автодорожный институт «СибАДИ» под руководством д.т.н., профессора Шестакова В.Н. с участием профессора В.А. Давыдова (ФГУП «РОСДОРНИИ») в течение 2003–04 гг. провели обследования данного участка. Все эти наблюдения дали возможность установить фактическое изменение физико-механических свойств геопенопласта «Стайрофом» в течение 20 лет, (таблица 2.1).

Как видно из таблицы 2.1, увеличилась плотность материала, увеличилась прочность на сжатие, значительно вырос модуль упругости геопенопласта «Стайрофом», незначительно снизилась теплопроводность.

В то же время проводилась оценка стабильности грунтов земляного полотна, в мае 2003 г. было заложено шесть шурфов: четыре на опытной конструкции с теплоизолирующим слоем (Ш-2 — Ш-5) и два на традиционной конструкции (Ш-1, Ш-6).

При закладке шурфов и бурении скважин было зафиксировано фактическое расположение участков с теплоизолирующим слоем: с толщиной геопенопласта «Стайрофом» 0,05 *м* = 104,5 *п.м*; с толщиной 0,10 *м* = 268,5 *п.м.*

Земляное полотно и его основание сложено глиной лёгкой пылеватой, оцениваемой СНиП 2.05.02-85 по пучинистости как грунт III группы.

Уровень подземной воды в середине мая 2003 г. отмечен на глубине 2,20 *м* от поверхности одежды, а в августе на глубине 2,45 *м*.

Образцы грунта земляного полотна отобраны на глубине 0,15 — 0,20 *м* от низа дорожной одежды. Результаты определения физических свойств грунтов земполотна сведены в таблицу 2.2.

«Центральный Научно-Исследовательский Институт Транспортного Строительства» (ЦНИИС) под руководством д.т.н., профессора А.А. Цернанта, в 1984 г. применил геопе-

Таблица 2.2 — Физические свойства грунтов земполотна на км 1317 + несколько метров

Наименование показателей		Адреса шурфов: км 1317 + метров		
		Ш-2 (256,4)	Ш-5 (483)	Ш-6 (603,7)
Граница текучести, %		38	41	41
Граница раскатывания, %		21	21	24
Число пластичности		17	20	17
Естественная влажность в момент отбора проб, %		18,0/17,5	20,0/19,2	22,4/21,5
Количество частиц, %	песка	20,5	20,2	19,7
	пыли	73,5	73,8	74,3
	глины	6,0	6,0	6,0
Плотность сухого грунта, $\rho_{ск}$, *г/см³*		1,74/1,74	1,69/1,71	1,64/1,68
Коэффициент уплотнения грунта		1,02/1,02	0,99/1,00	0,96/0,98
Наименование грунта по ГОСТ—25100-95		Глина лёгкая пылеватая		

Примечания:

1. *Числитель — май 2003 г., знаменатель — август 2003 г.;*
2. *Максимальная плотность сухого грунта ρ_{max} составляет 1,71 г/см³;*
3. *Оптимальная влажность W_{opt} = 18,5%;*
4. *Плотость грунта увеличивается при увеличении геопенопласта «Стайрофом», а с увеличением плотности грунта снижается воздухо- и паропроницаемость;*
5. *Для того чтобы дорожную конструкцию выполнить воздухо- и паронепроницаемой, стыки плит геопенопласта «Стайрофом» приклеивают скотчем или между плит прокладывают полиэтиленовую плёнку;*
6. *При наличии геопенопласта «Стайрофом» в дорожной конструкции можно снизить или полностью исключить увлажнение земляного полотна снизу от уровня грунтовых (УГВ) или (УМВ) уровня надмерзлотных вод.*

нопласт «Стайрофом» на 775 км «БАМа» для сохранения ВМГ под железнодорожным полотном.

Более 40 лет в мире и 20 лет в России с успехом применяют «Стайрофом» для предотвращения вспучивания оснований автомобильных дорог как при строительстве новых, так и при реконструкции существующих дорог. Сейчас становится всё более привычным создавать термоизоляцию дорог, предохраняющую от воздействия мерзлоты или от оттаивания вечномёрзлых грунтов (ВМГ) с помощью высокоэффективного изолирующего материала. Используя в качестве изоляции геопенопласт «Стайрофом», можно радикально упростить защиту от воздействия мерзлоты или тепла как при строительстве новых, так и при реконструкции действующих дорог.

3. Физико-механические свойства геопенопласта «Стайрофом» (STYROFOAM)

Согласно ТУ 2244-001-42809359-02, плиты «Стайрофом», в зависимости от основной части состава вспенивающего реагента, изготавливают на основе углекислого газа CO_2 — с основной частью вспенивающего реагента.

В наименование марки изделия, изготовленного с использованием реагента с основной частью углекислого газа, вводится буква «А», например: *«Styrofoam Geo 500 A» (Стайроформ Гео 500 А)*, расположенные после наименования, но перед буквой «А» обозначают прочность на сжатие при 10% линейной деформации в *кПа*.

Таблица 3.1 — Физико-механические свойства геопенопласта «Стайрофом» (STYROFOAM)

Физико-механические свойства	Метод	Единица измерения	Styrofoam Geo 350 A	Styrofoam Geo 500 A	Styrofoam Geo 700 A**
Плотность, γ_0	ГОСТ 15588-86	*кг/м³*	34	38	45
Коэффициент теплопроводности расчётный, λ^*		*Вт/м·°К*	0,037	0,038	0,039
Коэффициент теплопроводности при +10°С, λ	ГОСТ 26263-84	*Вт/м·°К*	0,035	0,036	0,037
Коэффициент теплопроводности при -10°С, λ	ГОСТ 26263-84	*Вт/м·°К*	0,033	0,034	0,035
Объёмная теплоёмкость при +10°С	ГОСТ 26263-84	*Дж/(м³·°С)·10⁻⁶*	6070	6070	6070
Объёмная теплоёмкость при -10°С	ГОСТ 26263-84	*Дж/(м³·°С)·10⁻⁶*	5500	5500	5500
Удельная теплоёмкость, °С	ГОСТ 23250-78	*кДж/(кг·°С)*	1,45	1,45	1,45
Коэффициент теплоусвоения (период 24 часа), *s*	ГОСТ 25609-83	*Вт/м·°С*	0,34	0,34	0,34
Паропроницаемость, μ	ГОСТ 25898-83	*Мг/м·ч·Па*	0,006	0,006	0,006
Капиллярность			0	0	0
Прочность на сжатие (10%)	ГОСТ 17177-94	*кПа*	350	500	700
Прочность на сжатие (5%)	ГОСТ 17177-94	*кПа*	300	450	600
Прочность на сжатие (2%)	ГОСТ 17177-94	*кПа*	140	200	250
Предел прочности на разрыв	ГОСТ 17177-94	*кПа*	500	700	900
Предел прочности на сдвиг	ГОСТ 17177-94	*кПа*	250	350	450
Предел прочности на изгиб	ГОСТ 17177-94	*кПа*	450	600	700
Модуль упругости, E_0	ГОСТ 17177-94	*МПа*	14	15	25
Коэффициент Пуассона, μ			0,1	0,15	0,15
Коэффициент трения, φ			0,5	0,5	0,5
Ползучесть, 1/2 предела прочности при сжатии	ГОСТ 17177-94	*кПа*	150	225	300
Максимальная рабочая температура		*°С*	75	75	75
Динамическая деформация (2 млн. циклов)	Стандарт для железных дорог	%	менее 5	менее 3	менее 2
Водопоглощение за 28 суток,% от объёма	ГОСТ 17177-94	%	0,2	0,2	0,2
Группа горючести			Г4	Г4	Г4
Ширина, длина***		*м*	0,6Х3,0	0,6Х3,0	0,6Х3,0
Толщина****		*м*	0,03;0,04;0,05	0,03;0,04;0,05	0,03;0,04;0,05

Примечания:

* *коэффициент теплопроводности расчётный определяется при сроке эксплуатации сооружений (более 50 лет), при постоянной влажности и механическом воздействии;*

** *или Floormate 700 SL A;*

*** *под заказ длина изготавливается до 6,0 м;*

**** *толщина теплоизоляции геопенопласта «Стайрофом» под заказ изготавливается до 0,16 м.*

4. Геопенопласт «Стайрофом»

4.1. Область применения геопенопласта «Стайрофом»

4.1.1. Термоизолирующие прослойки из геопенопласта «Стайрофом» в дорожной конструкции могут применяться как на автодорогах в черте населённых пунктов, так и на автомобильных дорогах общего пользования и подъездных дорог к промышленным предприятиям:

- как альтернатива устройству традиционных морозозащитных слоёв для снижения деформаций пучения при промерзании конструкции, в которой в пределах глубины промерзания имеются пучинистые грунты;
- как альтернатива устройству высоких насыпей или устройству термоизоляции из торфа в зоне вечной мерзлоты, обеспечивающая реализацию первого принципа проектирования — *сохранения вечномёрзлого грунта в основании (или теле) насыпи* с исключением просадок земляного полотна при его оттаивании.

4.1.2. Первое направление использования термоизолирующей прослойки может быть реализовано на дорогах общей сети и ведомственных дорогах в любой дорожно-климатической зоне при наличии сезонного промерзания-оттаивания грунтов с повышенной пучинистостью.

Второе направление может быть реализовано на дорогах общей сети и ведомственных дорогах только в зоне вечной мерзлоты или в специальных проектных решениях, рассчитанных на особые условия строительства и эксплуатации дороги (временные дороги, промышленные дороги, подъезды к аэропортам, к морским и речным причалам и т.п.).

4.1.3. Эффект от применения теплоизолирующего слоя, используемого для снижения морозного пучения, может быть получен за счёт:

- уменьшения объёма качественных материалов, используемых в дорожной одежде для обеспечения её морозоустойчивости;
- возможности использования в верхней части земляного полотна местных пучинистых грунтов (без их замены);
- повышения долговечности конструкции, вследствие исключения периодически возникающих деформаций морозного пучения;
- возможности понижения рабочих отметок насыпей на участках, где при традиционных конструкциях действуют ограничения СНиПа по минимальному возвышению насыпи над уровнем подземных или поверхностных вод, а также над уровнем земли;
- снижения расчётной влажности грунта земляного полотна и соответствующего повышения расчётных значений прочностных характеристик грунта за счёт понижения влагонакопления при процессе морозного пучения;
- снижения требуемой толщины дренирующего слоя за счёт исключения поступления воды снизу при оттаивании земляного полотна.

4.1.4. Эффект от применения теплоизолирующего слоя для предотвращения оттаивания грунта, используемого в конструкции в мёрзлом состоянии в зоне вечной мерзлоты, получается за счёт:

- уменьшения объёмов привозных грунтов при сооружении земляного полотна по первому принципу (сохранение мёрзлого грунта в основании насыпи);
- обеспечения возможности использования в земляном полотне грунтов с любой степенью увлажнения в виде мёрзлокомковатого материала;
- обеспечения возможности уменьшения рабочих отметок насыпей, сооружаемых по первому принципу в зоне вечной мерзлоты с соответствующим уменьшением объёмов земляных работ;
- исключения необходимости замены грунта в основании дорожной одежды в выемке;
- повышения надёжности и долговечности дорожной конструкции, запроектированной по первому принципу (сохранение мёрзлого грунта в основании насыпи);
- сокращения затрат на уплотнение грунтов при сооружении насыпей;
- снижения экологического ущерба при строительстве дорог в северных районах.

4.1.5. Реальный экономический эффект при применении теплоизоляционного слоя из плит геопенопласта «Стайрофом» выражается в удешевлении конструкции от 8 до 45%, что связано чаще всего с отсутствием качественных грунтов (особенно в районах вечной мерзлоты) и технологическими сложностями при их добыче и использовании. В связи с чем этот способ строительства с применением плит геопенопласта рекомендуется как преимущественный.

4.1.6. Конструктивные решения с использованием термоизолирующих прослоек должны быть обоснованы соответствующими теплотехническими расчётами.

4.1.7. Преимущества геопенопласта «Стайрофом» при строительстве автомобильных дорог в сравнении с традиционной дорожной конструкцией:

- уменьшается толщина морозозащитного слоя;
- уменьшается высота насыпи до требований по условиям снегонезаносимости;
- уменьшается высота насыпи до требований по возвышению над уровнем грунтовых вод, верховодки или длительно стоящих поверхностых вод;
- уменьшается глубина выемки;

- используется грунт повышенной влажности;
- сокращается объём вывозимого грунта, а также сокращается объём привозного песка, и уменьшается объём временных складов;
- на выемках не требуется устраивать дополнительные мероприятия, т.е. устройство откосов, полок, обочин, закюветных полок или кювет-траншей, а также дренажей;
- исключаются ограждающие конструкции за счёт снижения высоты насыпи;
- сокращаются затраты на рекультивацию и экологию;
- снижается ширина землеотвода как временного, так и постоянного;
- уменьшаются затраты на пересечениях автомобильных и железных дорог;
- не производится замена опор ЛЭП на более высокие опоры при пересечении с дорогой;
- уменьшаются затраты при устройстве автостоянок, остановочных площадок и т.д.;
- увеличивается период строительных работ;
- сокращается объём машиночасов;
- сокращается срок строительства.

4.1.8. При эксплуатации автомобильных дорог, построенных с геопенопластом «Стайрофом», получаем ряд преимуществ:

- улучшается уборка снега и травы на обочинах автодороги из-за отсутствия ограждения;
- увеличивается срок службы дорожной одежды между капитальными ремонтами;
- увеличивается плотность грунта до нормативных требований;
- увеличивается модуль упругости дорожной одежды;
- снижается нагрузка на грунты;
- выполняется капилляропрерывание влаги;
- снимается ограничение на движение большегрузного транспорта в весенне-осенний период;
- улучшается экологическая обстановка на автодорогах, так как не происходит разрушений дорожного покрытия; это способствует обеспечению требуемой скорости движения автотранспорта, а также уменьшению пылеобразования и сокращению количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП);
- уменьшается или исключается образование «колеи».

4.2. Хранение геопенопласта «Стайрофом»

4.2.1. Изолирующие плиты можно хранить вне помещения. Дождь, снег или мороз не оказывают на них никакого действия. Следует защитить плиты от воздействия прямого солнечного света при долговременном хранении. Защитные материалы тёмного цвета запрещается применять, поскольку образование тепла может быть слишком высоким. Следует обеспечить регулярную вентиляцию при хранении вне помещения.

4.2.2. Изолирующие плиты можно обрабатывать столярным инструментом и на станках стандартного типа.

4.2.3. Изолирующие плиты огнеопасны, поэтому при установке всегда должны быть защищены от возгорания. Продуктами горения, как и для всех органических материалов, являются в основном окись углерода, а также двуокись углерода и сажа. Дым незначительно ядовит, как и дым от других строительных материалов, например, древесины.

4.2.4. Плиты расплавляются, если они в течение продолжительного времени подвергаются действию высокой температуры. Максимальная рекомендуемая рабочая температура составляет от минус 70 °*C* до + 75 °*C*.

4.2.5. Геопенопласт «Стайрофом» следует предохранять от:

- прямого механического воздействия нагрузок выше расчётных;
- нефтяных продуктов (бензин, керосин и т.д.);
- органических растворителей (бензол, ацетон и т.д.);
- открытого огня;
- открытых ультрафиолетовых лучей (более 30 суток).

4.2.6. Геопенопласт «Стайрофом» не поддаётся воздействию:

- карбоната натрия и гидроокиси кальция;
- натрия хлорида (поваренная соль);
- бактерий природного происхождения и органических веществ (гумус, сапропель и т.д.).

4.2.7. При наличии в грунте кислот, щелочей, органических удобрений и других веществ, не перечисленных выше, следует проводить оценку устойчивости «Стайрофом» индивидуально по конкретному составу и концентрации этих веществ.

5. Дорожные конструкции с геопенопластом «Стайрофом»

5.1. Принципы расчёта конструкций с прослойками из геопенопласта «Стайрофом» по строительной стоимости

5.1.1. При применении конструкций с термоизолирующими слоями из геопенопласта «Стайрофом» следует реализовывать возможность получения оптимального решения по строительной стоимости. При такой оптимизации могут учитываться:

- изменение стоимости термоизолирующей прослойки из геопенопласта «Стайрофом» в зависимости от требуемой её толщины, глубины заложения от поверхности покрытия, а также её марки;
- увеличение стоимости земляного полотна при увеличении глубины заложения прослойки (за счёт увеличения доли более

качественного грунта в общем объёме полотна);

- возможность снижения требуемого возвышения поверхности покрытия над уровнем грунтовых и поверхностных вод на участках насыпей и выемок, где требуемое возвышение (без принятия специальных мер) определяется условиями увлажнения и промерзания рабочего слоя земляного полотна;
- возможность снижения высоты насыпи в зоне вечной мерзлоты при проектировании по первому принципу проектирования *(сохранения мерзлоты в основании насыпи)*;
- возможность уменьшения толщины дорожной одежды за счёт уменьшения расчётной влажности грунта в зоне сезонного промерзания и уменьшения глубины промерзания;
- возможность возникновения необходимости усиления дорожной одежды (при близком расположении низкомодульной термоизолирующей прослойки).

5.1.2. Оптимизация должна осуществляться на основе использования целевой функции:

$$C_к = [C_в + C_{пр} + C_{нижс} + C_{до} + C_{мз} + C_{от}] \rightarrow min, \quad (5.1)$$

где:

$C_к$ — стоимость дорожной конструкции;

$C_в$ — стоимость верхней части земляного полотна (над прослойкой);

$C_{пр}$ — стоимость прослойки;

$C_{нижс}$ — стоимость нижней части земляного полотна (под прослойкой);

$C_{до}$ — стоимость несущей части дорожной одежды (покрытие + несущее основание);

$C_{мз}$ — стоимость морозозащитного и дренирующего слоёв дорожной одежды;

$C_{от}$ — стоимость откосной части с естественным (торф) или искусственным термоизолятором.

5.1.3. При приближённом решении задачи оптимизации следует ограничиться условием $C_{до} = const$. При этом дорожная одежда по прочности должна быть рассчитана на невыгодный случай конструкции рабочего слоя земляного полотна и слоёв основания.

5.1.4. В случае устройства теплоизолирующей прослойки для снижения морозного пучения дорожной одежды аналитическое выражение стоимости конструкции в зависимости от глубины залегания прослойки имеет вид:

$$C = c_в[(B+mz)z] - bh_{до}c_н[B(H-z)+m(H^2-z^2)] + c_{до}bh_н + c_{мз}h_{мз}b_{мз} + c_{пр}h_{пр}X_{пр}, \quad (5.2)$$

где:

$c_в$ — стоимость единицы объёма верхней части земляного полотна (над прослойкой);

$c_н$ — то же, под прослойкой;

H — высота насыпи;

B — ширина полотна;

m — заложение откосов;

z — глубина расположения прослойки;

$h_{до}$ — толщина дорожной одежды;

b — ширина проезжей части;

$c_{до}$ — стоимость единицы объёма несущей части дорожной одежды;

$c_{мз}$ — стоимость единицы объёма морозозащитного и дренирующего слоёв;

$h_{мз}$ — толщина морозозащитного и дренирующего слоя;

$b_{мз}$ — ширина морозозащитного и дренирующего слоя;

$c_{пр}$ — стоимость единицы объёма прослойки;

$h_{пр}$ — толщина прослойки;

$h_н$ — толщина несущей части дорожной одежды;

$X_{пр}$ — ширина прослойки.

5.1.5. Толщина прослойки $h_{пр}$ в общем случае является функцией глубины промерзания $z_{пр}$, убывающей при увеличении $z_{пр}$. Характер этой функции может быть установлен на основе теплофизического расчёта.

В первом приближении ширину прослойки $X_{пр}$ следует назначать равной ширине земляного полотна (B).

5.1.6. Толщина морозозащитного и дренирующего слоя $h_{мз}$ также является функцией глубины расположения теплоизолирующей прослойки (при заданной её толщине).

5.1.7. Для определения оптимальной глубины заложения прослойки заданной толщины $h_{пр}$ выражение (5.2) необходимо решить на минимум при $h_{пр}=const$.

При устройстве термоизолирующего слоя для исключения оттаивания нижней части насыпи или её основания используется выражение:

$$C_к = c_в[(B+mz)z^2] - bh_{до} + c_н[B(H-z)+m(m^2-Z^2)] + C_{до} + C_{пр}h_{пр}[(B+2mz)+C_{от}, \quad (5.3)$$

где:

$C_{от}$ — стоимость откосной части из торфа или торфопесчаной смеси.

5.1.8. Оптимизацию дорожных конструкций можно проводить при заданных рабочих отметках полотна или с изменением отметок.

В последнем случае осуществляется общая оптимизация проектного решения с изменением по теплофизическому критерию продольного профиля и сокращением объёма или стоимости земляных работ.

5.2. Принципы оценки эффективности конструкций с геопенопластом «Стайрофом»

5.2.1. При оценке экономической эффективности теплоизолирующей прослойки в условиях сезонного промерзания за базовую следует принимать конструкцию с морозозащитным слоем требуемой толщины при требуемом по условию водно-теплового режима возвышении земляного полотна над источниками увлажнения.

При оценке экономической эффективности теплоизолирующей прослойки в зоне вечной мерзлоты за базовую следует принимать конструкцию насыпи из дренирующего грунта, высота которой

обеспечивает исключение протаивания основания под насыпью (под земляным полотном).

5.2.2. При оценке экономической эффективности следует учитывать, что применение конструкций с термоизоляторами обеспечивает удлинение межремонтных сроков дорожной конструкции. До накопления фактических данных по продлению межремонтных сроков следует принимать их удлинение до 10%.

5.2.3. При оценке эффективности дополнительно следует учитывать положительные и отрицательные эффекты от:

- повышения доли зимних работ;
- снижения нагрузки на окружающую среду;
- ускорения строительства.

5.2.4. Из прил. **Е** и **Ж** видно, что по теплотехническому расчёту, например в районе Майкопа, не требуется применять морозозащитный слой или теплоизоляционный слой из геопенопласта «Стайроформ». Но согласно расчёту над уровнем грунтовых вод (РУГВ) или длительно стоящих поверхностных вод, покрытие дорожной одежды должно возвышаться над РУГВ на высоту 1,8 *м*. Применение геопенопласта «Стайрофом» толщиной 0,3 *м* даёт возможность снизить высоту насыпи до низа дорожной одежды на 1,15 *м*, что, в свою очередь, может привести к экономии на периоде строительства, сокращению сроков строительства и т.д.

ДЛЯ РАЙОНОВ СЕЗОННОГО ПРОМЕРЗАНИЯ ГРУНТОВ ВО II — V ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ (ДКЗ)

6. Расчёт термоизолирующего слоя из геопенопласта «Стайрофом» при сезонном промерзании дорожной конструкции

6.1. Морозоустойчивость дорожной конструкции оценивается по величине её морозного пучения. Морозоустойчивость конструкции считается обеспеченной при условии:

$$l_{пуч} \leq l^{доп}_{пуч}, \qquad (6.1)$$

где:

$l_{пуч}$ — расчётная величина морозного пучения конструкции, (в *см*);

$l^{доп}_{пуч}$ — допустимая величина морозного пучения, устанавливаемая по табл. 6.1.

Таблица 6.1 — Допустимое морозное пучение

Тип дорожной одежды	Вид покрытия	Допустимое морозное пучение $l^{доп}_{пуч}$, см
Капитальные	цементобетон	3
Капитальные	асфальтобетон	4
Облегчённые	асфальтобетон	6
Переходные	переходное	10

6.2. Классификацию грунтов по степени пучинистости при замерзании определяют по табл. 6.2.

Таблица 6.2 — Относительное морозное пучение

Группы грунтов по пучинистости	Степень пучинистости	Относительное морозное пучение,%
I	непучинистый	1 и менее
II	слабопучинистый	свыше 1 до 4
III	пучинистый	свыше 4 до 7
IV	сильнопучинистый	свыше 7 до 10
V	чрезмернопучинистый	свыше 10

6.3. Группы грунтов по степени пучинистости определяют по табл. 6.4.

6.4. Расчёт требуемой толщины термоизолирующего слоя из геопенопласта «Стайрофом» при обеспечении морозоустойчивости дорожной конструкции выполняется по ОДН 218-046-01. По карте определяем номер изолинии (рис. 6.1), которая проходит через рассматриваемый участок дороги. При расположении участка между изолиниями определяют номера этих двух изолиний и выводят средний показатель линейной интерполяции.

6.5. Требуемое термическое сопротивление дорожной одежды, при котором пучение грунта исключается ($R_{од(о)}$), определяют по табл.6.3.

6.6. Термическое сопротивление дорожной одежды $R_{од(о)}$ вычисляют по формуле:

$$R_{од(о)} = \sum_{i=1}^{i=n_{од}} h_{од(i)}/\lambda_{од(i)}, \ (м^2 \cdot {}^oK/Вт), \qquad (6.2)$$

где:

$n_{од}$ — число конструктивных слоёв дорожной одежды без теплоизолирующего слоя;

$h_{од(i)}$ — толщина отдельного слоя, *м*;

$\lambda_{од(i)}$ — коэффициент теплопроводности отдельных слоёв, фактические значения или табличные значения ***(прил. Г)***.

6.7. Величину требуемого термического сопротивления $R_{од(тр)}$ вычисляют по формуле:

$$R_{од(тр)} = R_{пр} \cdot K_{од} \cdot K_{увл} \cdot \delta, \ (м^2 \cdot {}^oK/Вт), \qquad (6.3)$$

где:

$R_{пр}$ — приведённое термическое сопротивление, определяемое при помощи номограммы (см. рис. 6.2.1 и 6.2.2);

$K_{од}$ — коэффициент, учитывающий срок службы дорожной одежды между капитальными ремонтами, определяют по табл. 6.5;

$K_{увл}$ — коэффициент, учитывающий схему увлажнения рабочего слоя земляного полотна, принимаемый при II и III схемам увлажнения, равный единице, а при 1-й схеме увлажнения — по табл. 6.8;

δ — понижающий коэффициент, принимаемый для II_1, II_3 и II_5 дорожно-климатических подзон,

Таблица 6.3 — Требуемое термическое сопротивление дорожной одежды

Номер изолинии на карте (рис. 6.1)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
$R_{од(о)}$	1,05	1,40	1,65	1,95	2,20	2,40	2,65	2,90	3,05	3,25

Таблица 6.4 — Группы грунтов по степени пучинистости

Грунты	Группы
Песок гравелистый, крупной и средней крупности, с содержанием частиц мельче 0,05 до 2%	I
Песок гравелистый, крупной и средней крупности, с содержанием частиц мельче 0,05 до 15%, мелкий с содержанием частиц мельче 0,05 до 15%, супесь лёгкая крупная	II
Супесь лёгкая, суглинок лёгкий и тяжёлый, глины	III
Песок пылеватый, супесь пылеватая, суглинок тяжёлый пылеватый	IV
Супесь тяжёлая пылеватая, суглинок лёгкий пылеватый	V

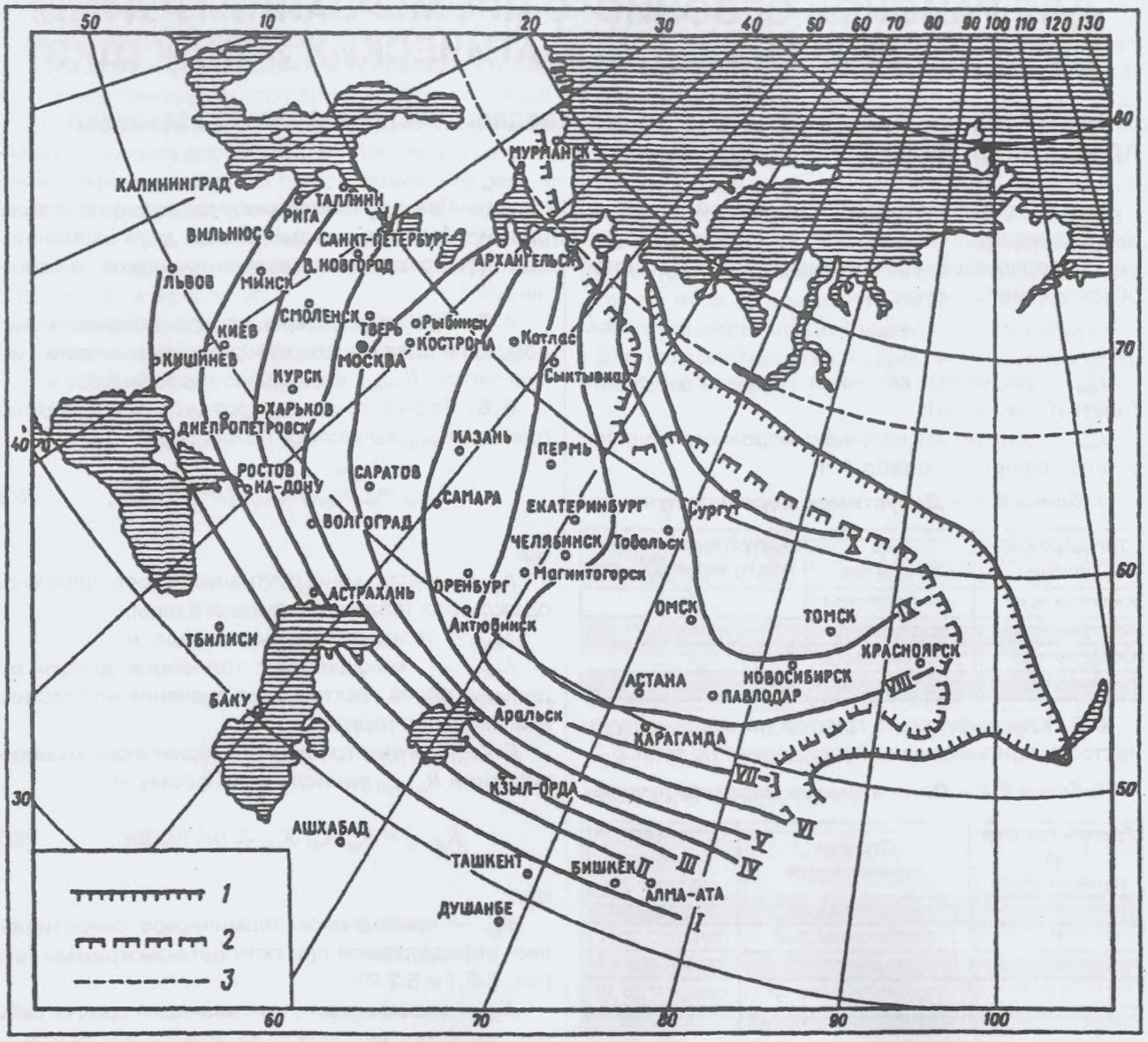


Рис. 6.1. *— Карта-схема с изолиниями для определения требуемых значений термического сопротивления дорожной одежды. I—X — номера изолиний; 1 — граница сплошного распространения вечномерзлых грунтов; 2 — то же, островного; 3 — Северный полярный круг*

Таблица 6.5 — Коэффициент, учитывающий срок службы дорожной одежды

№№ изолиний на карте рис. 6.1	Коэффициент $K_{од}$ при сроке службы дорожной одежды между капитальными ремонтами		
	менее 10 лет	10 лет	20 лет
I—II	0,70	0,85	1,0
III—X	0,80	0,90	1,0

равный 1,0; для II_2, II_4 и II_6 подзон, равный 0,95; для III дорожно-климатической зоны, равный 0,95; для IV дорожно-климатической зоны равным 0,85 (схема дорожно-климатических зон (***прил. А***).

6.8. $R_{пр}$ определяют с помощью номограммы (рис. 6.2.1) методом итерации через отношение $l_{доп}/(C_{пуч} \cdot C_p)$. Значения $l_{доп}$, $C_{пуч}$ и C_p определяют соответственно по таблицам 6.1, 6.6 и 6.7.

При назначении величины C_p по табл. 6.6 подбирают допустимую глубину промерзания $h_{пр(доп)}$ таким образом, чтобы получаемому значению отношения $l_{доп}/(C_{пуч} \cdot C_p)$ соответствовала величина $h_{пр(доп)}$ на вертикальной оси номограммы, равная принятой при определении C_p. Подбор нужно начинать со значения $h_{пр(доп)}$, соответствующего наименьшей допустимой глубине промерзания.

Растояние $H\gamma$ от низа дорожной одежды до уровня подземных вод, необходимое для использования номограммы, определяют, приняв за исходную, полученную в соответствии с п. 6.5.

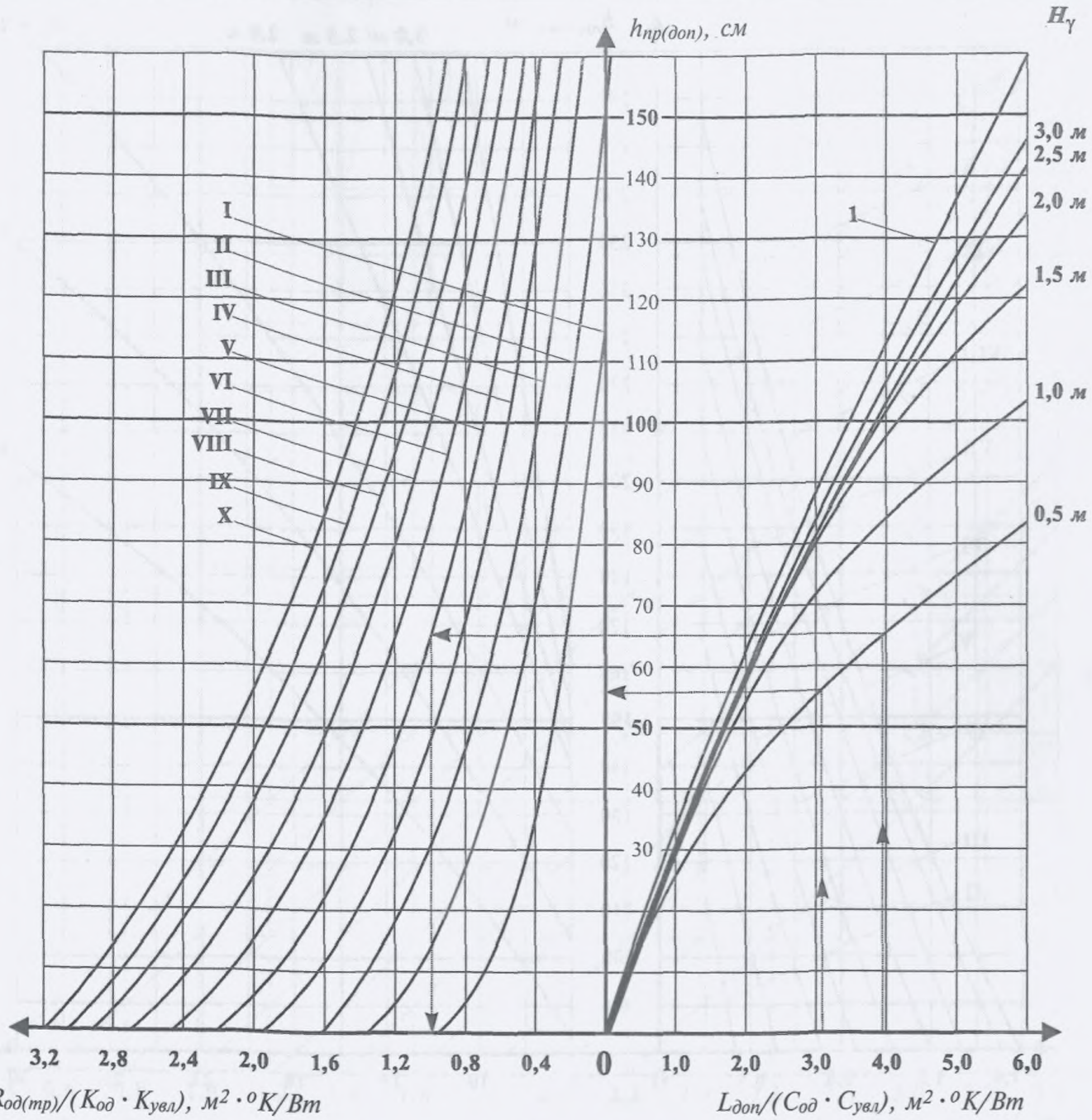


Рис. 6.2.1. *— Номограмма для определения требуемого термического сопротивления дорожной одежды $R_{од(тр)}$ при значениях $L_{доп}/(C_{пуч} \cdot C_p)$ от 0 до 6 см: I—X — номера изолиний на карте* ***(см. рис. 6.1)****;*
1 — кривая расчёта для 1-го и 2-го типов увлажнения рабочего слоя земляного полотна; H_γ — глубина залегания расчетного УГВ от низа дорожной одежды, включая морозозащитный слой

Таблица 6.6 — Допустимая глубина промерзания в зависимости от толщины дорожной одежды

Грунт земляного полотна	Значение коэффициента C_p в зависимости от толщины дорожной одежды ($h_{од}$) и допустимой глубины промерзания ($h_{пр(доп)}$)								
	$h_{од}$ = 0,5 м			$h_{од}$ = 1,0 м		$h_{од}$ = 1,5 м		$h_{од}$ = 2,0 м	
	$h_{пр(доп)}$, см			$h_{пр(доп)}$, см		$h_{пр(доп)}$, см		$h_{пр(доп)}$, см	
	0 — 50	51 — 100	> 100	0 — 100	> 100	0 — 100	> 100	0 — 100	> 100
Песок пылеватый	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,45	0,40	0,40	0,35
Супесь лёгкая	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,55	0,50	0,50	0,45
Супесь пылеватая	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,60	0,55	0,55	0,50
Суглинок лёгкий, суглинок лёгкий пылеватый	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,65	0,60	0,60	0,55
Суглинок тяжёлый, суглинок тяжёлый пылеватый, глина	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,70	0,65	0,65	0,60

Примечание *— При промежуточных значениях толщины дорожной одежды следует принимать значение C_p по линейной интерполяции соответствующих величин.*

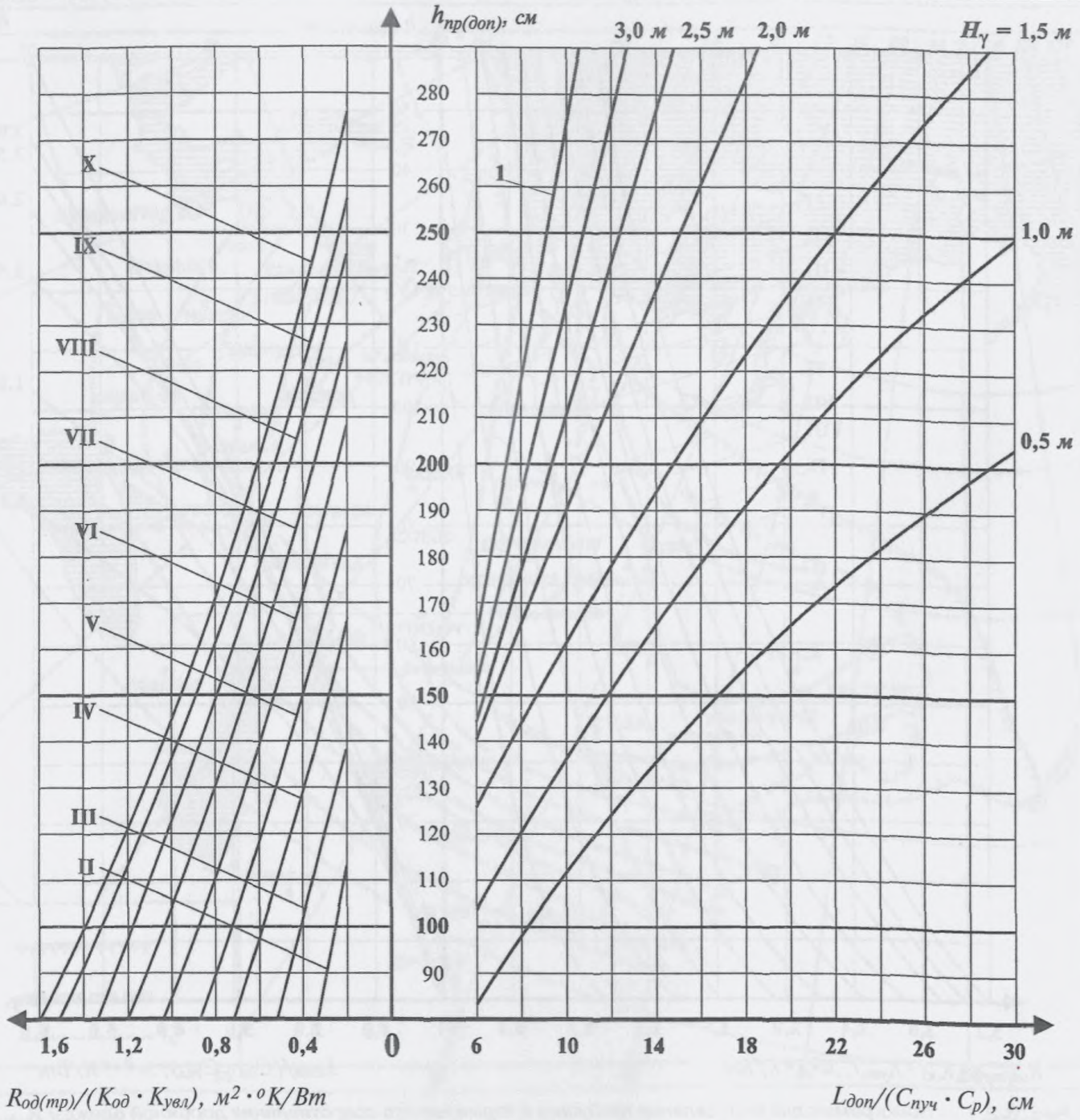


Рис. 6.2.2. *— Номограмма для определения требуемого термического сопротивления дорожной одежды $R_{од(тр)}$ при значениях $L_{доп}/(C_{пуч} \cdot C_р)$ от 6 до 30 см:* ***I—X*** *— номера изолиний на карте* ***(см. рис. 6.1)***; ***1*** *— кривая расчёта для 1-го и 2-го типов увлажнения рабочего слоя земляного полотна; H_γ — глубина залегания расчетного УГВ от низа дорожной одежды, включая морозозащитный слой*

Таблица 6.7 — Показатель пучения для грунтов

Значения показателя $C_{пуч}$ для грунтов			
слабопучинистых	пучинистых	сильнопучинистых	чрезмернопучинистых
0,50	0,50	1,5	2,0

Таблица 6.8 — Коэффициент увлажнения рабочего слоя земляного полотна

Номер изолинии на карте	Значение коэффициента $K_{увл}$, при первой схеме увлажнения рабочего слоя земляного полотна
I	0,80
II	0,65
III	0,55
IV	0,45
V	0,40

Номер изолинии на карте	Значение коэффициента $K_{увл}$, при первой схеме увлажнения рабочего слоя земляного полотна
VI	0,35
VII	0,30
VIII	0,30
IX	0,25
X	0,25

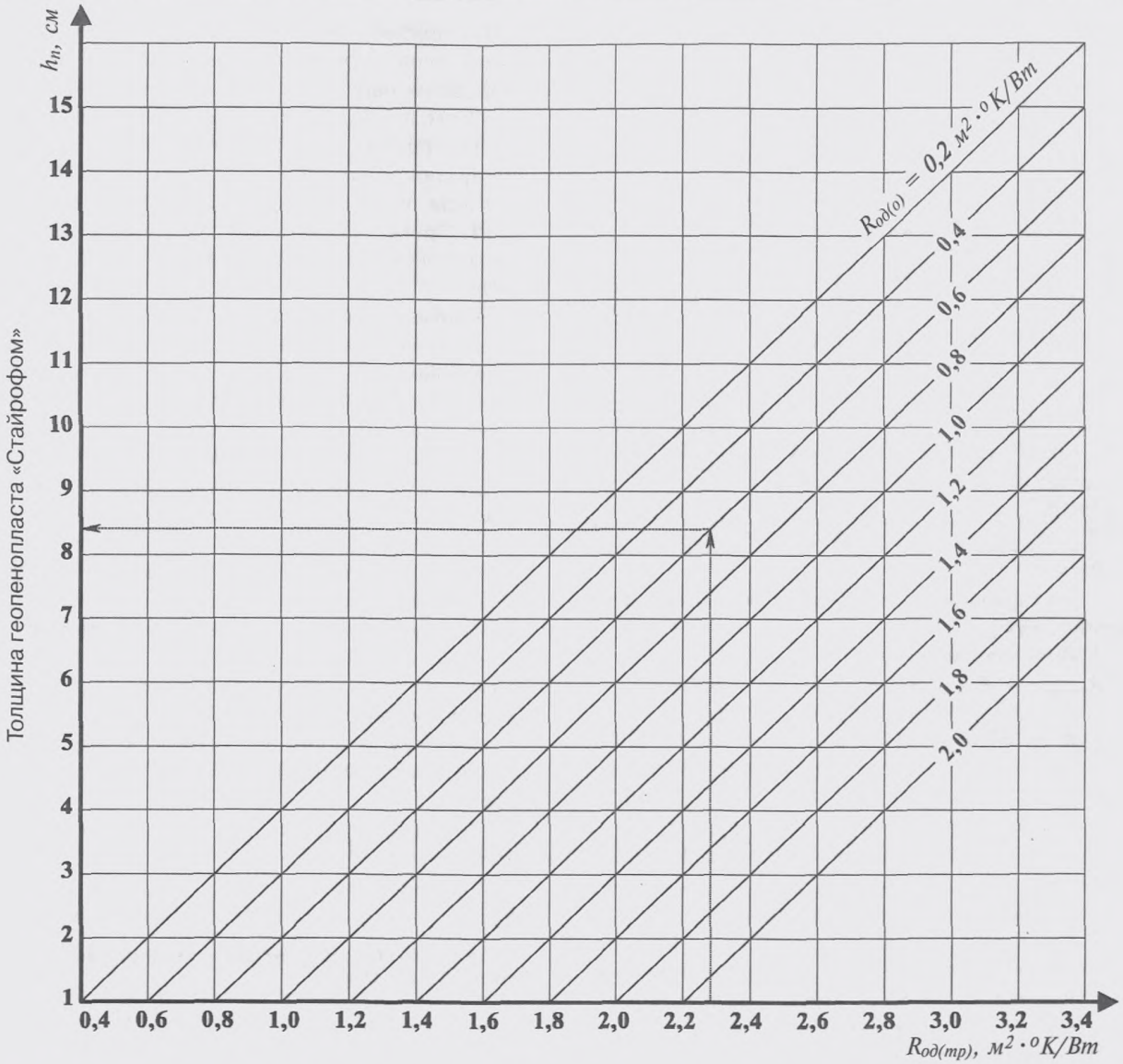


***Рис. 6.3** — График для определения необходимой толщины теплоизолирующего слоя из геопенопласта «Стайрофом»*

ориентировочную толщину морозозащитного слоя $h_{мз}$ и общую толщину дорожной одежды $h_{од}$.

При глубине залегания подземных вод на участке дороги, отличающейся от указанных на номограмме, нужно определить два значения $R_{пр}$. Одно — при значении H_γ на номограмме более, а другое — при значении H_γ на номограмме менее данного. Искомое значение $R_{пр}$ устанавливают методом линейной интерполяции между соответствующими величинами.

6.9. Расчёт толщины теплоизолирующего слоя осуществляют так же, как и морозозащитного. В расчёт следует включать толщину дорожной одежды, необходимой по условиям обеспечения прочности и дренирования, а также значения показателя пучинистости грунта $C_{пуч}$ (табл. 6.7); толщину теплоизолирущего слоя следует определять по графику (рис. 6.3) в зависимости от $R_{од(тр)}$ и $R_{од(о)}$.

6.10. Пример расчёта при сезонном промерзании для геопенопласта «Стайрофом» с нагрузкой в 500 *кПа*.

Исходные данные:

- автомобильная дорога II технической категории;
- расположена в Московской области — II_2 дорожно-климатическая подзона;
- грунт земляного полотна — супесь тяжёлая пылеватая или суглинок лёгкий пылеватый (чрезмерно пучинистый);
- влажность грунта насыпи — 0,7 $W_т$;
- высота насыпи h = 0,7 *м*, толщина дорожной одежды h = 0,5 *м*;
- схема увлажнения рабочего слоя земляного полотна — III;
- глубина залегания грунтовых вод — 0,5 *м*;
- допустимая величина пучения — 4 *см*;
- срок службы дорожной одежды между капитальными ремонтами — 20 лет.

Таблица 6.9 — Расчёт дорожной одежды толщиной 0,5 м

№ п/п	Материалы дорожной одежды	Толщина слоя $h_{од(i)}$, м	Коэффициент теплопроводности $\lambda_{од(i)}$, Вт/м·°К	Термическое сопротивление R, м²·°К/Вт	Плотность ρ, кг/м³
1	Плотный асфальтобетон	0,05	1,400	0,036	2400
2	Пористый асфальтобетон	0,15	1,250	0,120	2300
3	Гравий, обработанный битумом	0,30	0,520	0,577	2000
ИТОГО:		0,50	—	0,733	—

Расчёт:

1. По карте на рис. 6.1 определяем номер изолинии — «**V**» ;

2. «**V**» — изолиния,

$R_{од(max)} = R_{од(тр)} = 2{,}200$ м²·°К/Вт (табл. 6.3);

3. $R_{од(о)} = \sum_{i=1}^{i=n_{од}} h_{од(i)} / \lambda_{од(i)}$, м²·°К/Вт, (6.2)

где:

$R_{од(о)}$ = (0,05/1,4)+(0,15/1,25)+(0,3/0,52) = 0,036+0,12+0,577 = 0,733 м²·°К/Вт — термическое сопротивление дорожной одежды, запроектированной по условиям прочности (табл. 6.9);

4. $C_{пуч} = 2{,}0$ (определяем по табл.6.7). При толщине дорожной одежды $h_{од} = 0{,}50$ м растояние от низа дорожной одежды до УГВ H_γ составит 0,5 м;

5. $C_р = 0{,}85$ (определяем по табл.6.6 методом интерполяции между $h_{од} = 0{,}50$ см и $h_{од} = 1{,}0$ м для $h_{пр(доп)} = 0$ — 50 см),

$l_{доп}/(C_{пуч} \cdot C_р) = 4/(2{,}0 \cdot 0{,}85) = 4/1{,}70 = 2{,}4$ см. При $H_\gamma = 0{,}5$ м по номограмме (рис. 6.2.1) получаем значение $h_{пр(доп)} = 50$ см;

6. $C_р = 0{,}80$ (так как $C_р$ определялась для интервала $h_{пр(доп)}$ 0 — 50 см, возвращаемся к табл. 6.6 и находим при $h_{пр(доп)}$ 0 — 1,0 и $h_{од} = 0{,}50$ м);

$l_{доп}/(C_{пуч} \cdot C_р) = 4/(2{,}0 \cdot 0{,}80) = 4/1{,}6 = 2{,}5$ см. При $H_\gamma = 0{,}5$ м по номограмме (рис. 6.2.1) получаем значение $h_{пр(доп)} = 50$ см;

7. По номограмме (рис. 6.2.1) определяем методом интерполяции приведённое термическое сопротивление $R_{пр} = 1{,}190$ м²·К/Вт.

$K_{од} = 1{,}0$ (по табл. 6.5, учитывающий срок службы дорожной одежды);

$K_{увл} = 1{,}0$ (учитывающий схему увлажнения рабочего слоя земляного полотна при III схеме увлажнения п. 6.7);

$\delta = 0{,}95$ (понижающий коэффициент для II_2 дорожно-климатической подзоны, п. 6.7).

8. $R_{од(тр)} = R_{пр} \cdot K_{од} \cdot K_{увл} \cdot \delta$.

$R_{од(тр)} = 1{,}190 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}95 = 1{,}130$ м²·°К/Вт.

9. По графику (рис. 6.3) определяем искомую толщину слоя «*Floormate 500*» из геопенопласта «Стайрофом» марки «Styrofoam Geo 500A» или:

$h_п = 2$ см, при $h_{пуч} = 4$ см, $R_{од(тр)} = 1{,}131$ м²·°К/Вт.

10. По графику (рис. 6.3) определяем искомую толщину слоя «*Floormate 500*»:

$h_п = 8$ см, при $h_{пуч} = 0$ см, $R_{од(тр)} = 2{,}200$ м²·°К/Вт.

6.11. Пример расчёта при сезонном промерзании для геопенопласта «Стайрофом» с нагрузкой в 350 кПа.

Исходные данные:

- автомобильная дорога — II технической категории;
- расположена в Московской области — II_2 дорожно-климатическая подзона;
- грунт земляного полотна — суглинок тяжёлый пылеватый, сильно пучинистый (из этого же грунта возводится земляное полотно);
- влажность грунта насыпи — 0,7 $W_Т$;
- высота насыпи $h = 1{,}5$ м, толщина дорожной одежды $h = 1{,}0$ м;
- схема увлажнения рабочего слоя земляного полотна — III;
- глубина залегания грунтовых вод — 0,5 м;
- допустимая величина пучения — 4 см;
- срок службы дорожной одежды между капитальными ремонтами — 20 лет.

Расчёт:

1. По карте на рис. 6.1 определям номер изолинии — «**V**» ;

2. «**V**» — изолиния,

$R_{од(max)} = R_{од(тр)} = 2{,}200$ м²·°К/Вт (табл. 6.3);

Таблица 6.10 — Расчёт дорожной одежды толщиной 1,0 м

№ п/п	Материалы дорожной одежды	Толщина слоя $h_{од(i)}$, м	Коэффициент теплопроводности $\lambda_{од(i)}$, Вт/м·°К	Термическое сопротивление R, м²·°К/Вт	Плотность ρ, кг/м³
1	Плотный асфальтобетон	0,05	1,400	0,036	2400
2	Пористый асфальтобетон	0,15	1,250	0,120	2300
3	Гравий, обработанный битумом	0,30	0,520	0,577	2000
4	Крупнозернистый песок	0,50	2,030*	0,246	2000
ИТОГО:		1,00	—	0,979	—

Примечание:
** среднеарифметическое значение для песка в талом и мёрзлом состоянии.*

3. $R_{од(о)} = \sum_{i=1}^{i=n_{од}} h_{од(i)} / \lambda_{од(i)}$, ($м^2 \cdot {}^oK/Вт$). (6.2)

$R_{од(о)}$ = (0,05/1,4)+(0,15/1,25)+(0,3/0,52)+ + (0,5/2,03) = 0,979 $м^2 \cdot {}^oK/Вт$ — термическое сопротивление дорожной одежды, запроектированной по условиям прочности (табл. 6.10);

4. $C_{пуч}$ = 2,0 (определяем по табл.6.7). При толщине дорожной одежды $h_{од}$ = 1,50 *м* расстояние от низа дорожной одежды до УГВ H_γ составит 0,5 *м*;

5. C_p = 0,75 (определяем по табл.6.6 методом интерполяции между $h_{од}$ = 1,50 *м* для $h_{пр(доп)}$ = 0—100 *см*),

$l_{доп}/(C_{пуч} \cdot C_p)$ = 4/(2,0·0,75) = 4/1,5 = 2,7 *см*. При H_γ = 0,5 *м* по номограмме (рис. 6.2.1) получаем значение $h_{пр(доп)}$ = 53 *см*;

6. По номограмме (рис. 6.2.1) определяем методом интерполяции приведённое термическое сопротивление $R_{пр}$ = 1,120 $м^2 \cdot {}^oK/Вт$.

$K_{од}$ = 1,0 (по табл. 6.5, коэффициент, учитывающий срок службы дорожной одежды);

$K_{увл}$ = 1,0 (коэффициент, учитывающий схему увлажнения рабочего слоя земляного полотна при III схеме увлажнения п. 6.7);

δ = 0,95 (понижающий коэффициент для II_4 дорожно-климатической подзоны, п. 6.7);

7. $R_{од(тр)} = R_{пр} \cdot K_{од} \cdot K_{увл} \cdot \delta$.

$R_{од(тр)}$ = 1,120·1·1·0,95 = 1,064 $м^2 \cdot {}^oK/Вт$;

8. По графику (рис. 6.3) определяем искомую толщину слоя из геопенопласта «Стайрофом» марки «*Floormate 350*»:

h_n = 0,00 *см*, при $h_{пуч}$ = 4 *см*, $R_{од(тр)}$ = = 1,064 $м^2 \cdot K/Вт$.

9. По графику (рис. 6.3) определяем искомую толщину слоя из геопенопласта «Стайрофом» марки «*Floormate 350*»:

h_n = 6 *см*, при $h_{пуч}$ = 0 *см*, $R_{од(тр)}$ = 2,200 $м^2 \cdot {}^oK/Вт$.

6.12. Гидроизоляция дорожной конструкции выполняется геопенопластом «Стайрофом» со склеенными стыками, а глубина его заложения определяется расчётом более 0,15 *м* над горизонтом грунтовых вод (ГГВ) или надмерзлотных вод (ГМВ) (рис. 7.15).

6.13. В дорожном полотне воздухо- и парообмен осуществляются в течение года по определённым закономерностям:

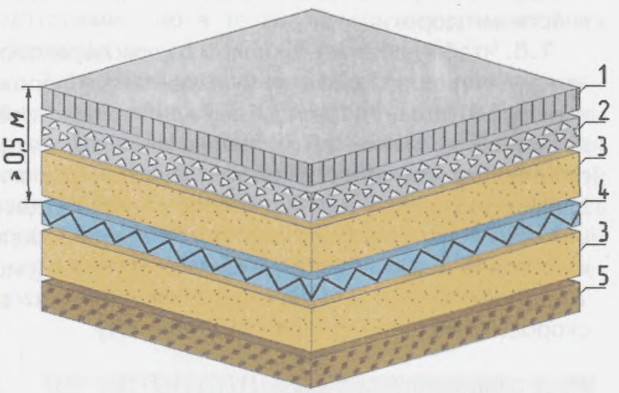
- воздух движется снизу вверх (в тёплый период года) и сверху вниз (в холодный период года) (во II—V ДКЗ);
- водяной пар диффундирует сверху вниз (в тёплый период года) и снизу вверх (в холодный период года) (во II—V ДКЗ).

6.14. Расчёт гидроизоляции, а также воздухо- и паропроницаемость проводятся по методике профессора В.М. Сиденко.

7. Конструирование дорожной одежды с геопенопластом «Стайрофом»

7.1. Расстояние от верхней точки геопенопласта «Стайрофом» до поверхности дорожного полотна должно быть более или равно 0,5 *м*. Поскольку изолирующий слой затрудняет излучение тепла из накопителя тепла в грунте основания дороги, поверхность дороги охлаждается быстрее, чем на неизолированных участках дороги. Поэтому температура здесь может опускаться ниже точки замерзания гораздо быстрее и вызывать неожиданное образования слоя льда и гололёда. Противодействовать этому может упомянутый слой в 0,5 *м* и более (рис. 7.1). Геопенопласт «Стайрофом» укладывается шире проезжей части на 0,5 — 1,5 *м* с каждой стороны в зависимости от глубины промерзания земляного полотна.

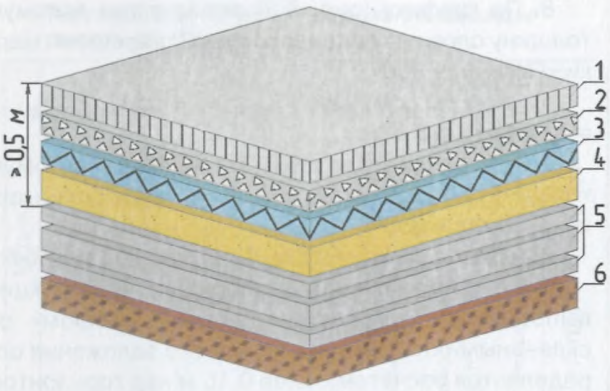
7.2. Возможность неожиданного образования льда на коротких отрезках дороги представляет собой особую опасность. В тех местах, где тенденция образования льда высока, например, вблизи водоёмов или участков с постоянной тенью, следует быть особенно внимательным. На подобных участках или на поворотах, а также подъёмах и спусках нельзя сооружать переходы между изолированными и неизолированными участками дороги. Решить эту задачу поможет слой дорожной одежды более 0,5 *м* над геопенопластом «Стайрофом».



1 — асфальтобетон; 2 — щебень (гравий); 3 — песок; 4 — геопенопласт «Стайрофом»; 5 — грунт естественный.

***Рис. 7.1** — Дорожная одежда*

7.3. При реконструкции существующих дорог в качестве изолирующей постели может служить уже имеющийся верхний слой земляного полотна, который выравнивают. Для снижения уровня неудобств при дорожном движении чаще всего необходимо занимать для работы менее половины дорожного полотна за один раз. Временные ограничители



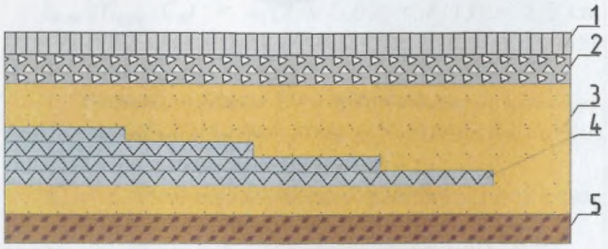
1 — асфальтобетон; 2 — щебень (гравий);
3 — геопенопласт «Стайрофом»; 4 — песок;
5 — существующая дорожная конструкция;
6 — грунт естественный.

***Рис. 7.2** — Дорожная одежда (реконструкция)*

вдоль середины облегчают стыковку изолирующих плит на половине дороги.

7.4. На существующих дорогах термоизоляцию могут укладывать либо с использованием имеющегося верхнего слоя земляного полотна в качестве основания (рис. 7.2), либо за счёт заглубления. Заглублённая термоизоляция может быть лучшим решением в районах плотной застройки там, например, где необходимо уменьшение высоты насыпи или других проблем на границах земельных участков. В подобных случаях необходимо также согласовать длины переходов между изолированными и неизолированными участками дороги.

7.5. Чтобы избежать слишком резких переходов между изолированным и неизолированным дорожным полотном, переход выполняют за счёт постепенного уменьшения толщины изоляции, в направлении неизолированного участка дороги, длина стандартной переходной зоны с термоизоляцией составляет 16,0 *м* (рис. 7.4). Плиты укладывают ступенями с накладкой по 60 *см* (лесенкой) (рис. 7.3). Протяжённость переходной зоны зависит от скорости движения транспорта (табл. 7.1).



1 — асфальтобетон; 2 — щебень; 3 — песок;
4 — геопенопласт «Стайрофом»;
5 — грунт естественный.

***Рис. 7.3** — Переход участка насыпи с теплоизляционным слоем и без изоляции (Разрез по глубине насыпи в продольном направлении)*

Таблица 7.1 — Протяжённость переходной зоны

Скорость движения автотранспорта, *км/ч*	Протяжённость переходной зоны, *п.м*
60	15
80	20
100	25
150	35

7.6. В разрезах горных пород геопенопласт «Стайрофом» укладывают на полную толщину изоляции до тех пор, пока не дойдут до грунта с однородным слоем грунта толщиной более 1,0 *м*, после чего начинается выполнение перехода между изолированными и неизолированными участками дороги.

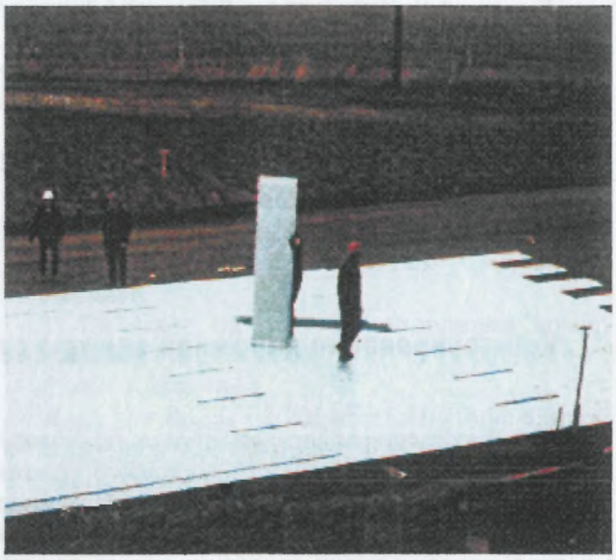


***Рис. 7.4** — Укладка геопенопласта «Стайрофом»*

На существующих дорогах может стать необходимым неоднократное увеличение длины перехода между изолированными и неизолированными участками дороги до 24,0 *м*. Длина перехода часто должна быть согласована как с примыкающими дорогами и выездами на земельные участки, так и со смещением существующей дороги из-за пучения. Съезды изолируют по длине более 5,0 *м* (рис. 7.5).

7.7. Если толщина постели 0,5 *м*, то рекомендуется применение геопенопласта «Стайрофом» с нагрузками 500 *кПа* (рис. 7.6а), а если она превышает 1,0 *м*, то можно использовать геопенопласт «Стайрофом» с нагрузками 350 *кПа* (рис. 7.6б).

Необходимую марку геопенопласта «Стайрофом» можно выбрать в третьем разделе данного документа, с учётом расчётной нагрузки. Указанные значения характеристик в состоянии предела прочности установлены при нижней 5%-ной деформации. Эти значения отражают кратковременные нагрузки. В случае долговременных на-

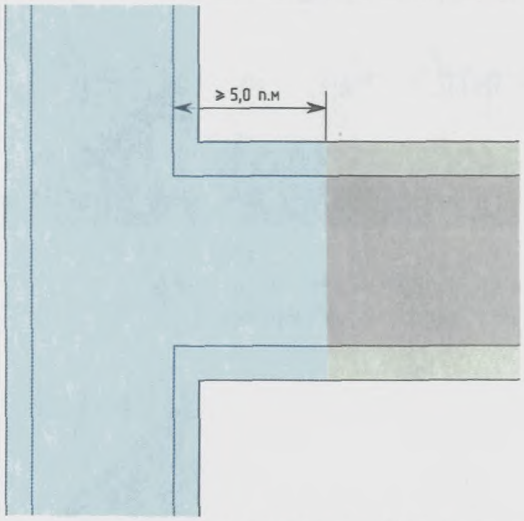


***Рис. 7.5** — Съезд с существующей дороги*

грузок эти значения снижаются. Допустимое напряжение при долговременной нагрузке рассчитано на срок эксплуатации более 50 лет, и его (срок) следует сохранить.

7.8. Первый слой дорожной одежды над плитами геопенопласта «Стайрофом» из песка или щебня должен быть более 0,2 *м* в уплотнённом состоянии, но при укладке щебня толщина геопенопласта «Стайрофом» увеличивается на 1 *см*, а также увеличивается толщина геопенопласта «Стайрофом», если он укладывается на щебень.

Если толщина геопенопласта «Стайрофом» 6 *см* и более, то в этом случае рекомендуется увеличить количество слоёв, например: 3+3 = 6 *см*, что позволит увеличить модуль упругости дорожной одежды, но при этом снизится термическое сопротивление дорожной одежды.

7.9. Термоизоляция геопенопластом «Стайрофом» водопропускных труб и подземных переходов под дорогами (пешеходные и велосипедные тоннели и т.п.) может быть также необходима для снижения пучения дорожной одежды (рис. 7.9). Водопропускные трубы влияют на промерзание грунта, а небольшого диаметра трубы часто промерзают в зимнее время, и они должны быть теплоизолированы для предотвращения пучения дорожной одежды (рис. 7.8 и 7.9).

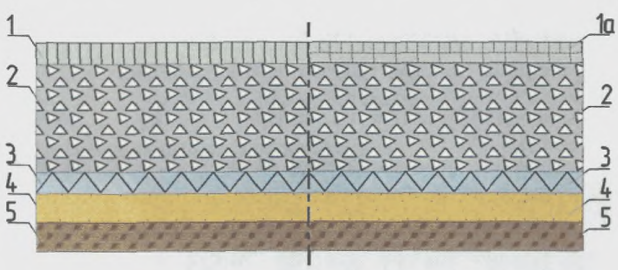
Геопенопласт «Стайрофом» на входе и выходе железобетонных конструкций выступает за их границы более 1,0 *м* (рис. 7.9). Требуемая толщина h_k должна быть ⩾ 0,1 *м*. Расчёт толщины геопенопласта «Стайрофом» выполняют «численными методами» по методике МГУ и ЦНИИС. В данных конструкциях прочностные характеристики геопенопласта «Стайрофом» должны быть 500 *кПа* при 10% линейной деформации.

7.10. В тоннелях вода часто просачивается из горных пород как в своде, так и в донной части. Чем ближе тоннельный вход к воде, тем выше риск, что она замёрзнет с образованием наслоений из льда. В связи с этим объёмы воды и льда могут быть значительными и стать причиной возникновения опасности.

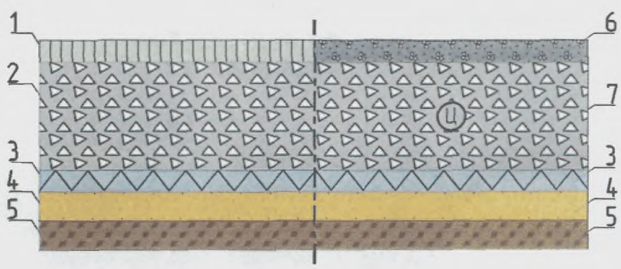
Зимой под воздействием различных факторов (ветер, «эффект дымовой трубы», всасывающий эффект от движения транспорта, от механической вентиляции и др.) холод всегда проникает в тоннель. В связи с этим свод тоннеля, дорожное полотно, а также дренаж следует защитить от промерзания геопенопластом «Стайрофом» и предотвратить пучение (рис. 7.10).

Свод тоннеля термоизолируется геопенопластом «Стайрофом» прочностью более 200 *кПа* и крепится при изготовлении бетонных тюбингов на заводе железобетонных изделий. Толщину геопенопласта «Стайрофом» определяют «численными методами», но в то же время она должна быть более 0,1 *м*.

7.11. Для укладки дорожного полотна дно тоннеля очищают до такого уровня, который необходим для размещения верхней части земляного полотна. Тот грунт, который остаётся под дорожной одеждой, часто представляет некоторую опасность при промерзании, что может быть причиной пучения в сочетании с поступлением воды и низкой несущей способностью.



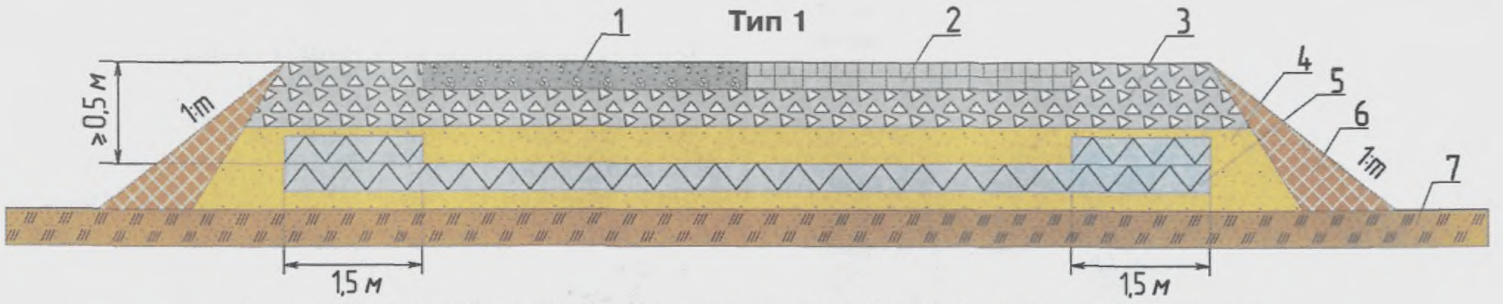
***а)** 1 — асфальтобетон;*
1а — асфальтобетон двухслойный;
2 — щебень (гравий);
3 — геопенопласт «Стайрофом»;
4 — песок; 5 — грунт естественный.



***б)** 1 — асфальтобетон; 6 — цементобетон;*
7 — щебень (гравий), укреплённый цементом;
2 — щебень (гравий);
3 — геопенопласт «Стайрофом»;
4 — песок; 5 — грунт естественный.

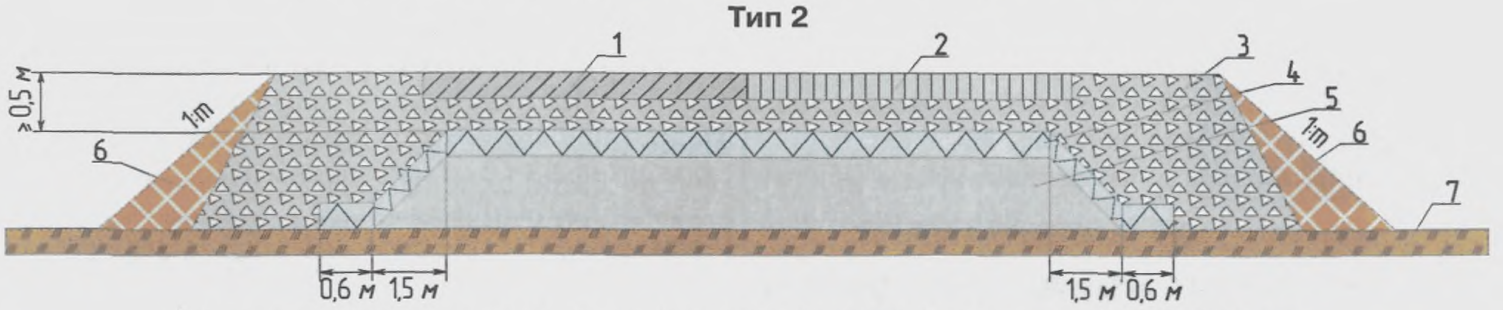
***Рис. 7.6 (а,б)** — Дорожные конструкции (толщины слоёв назначают по расчёту)*

Тип 1



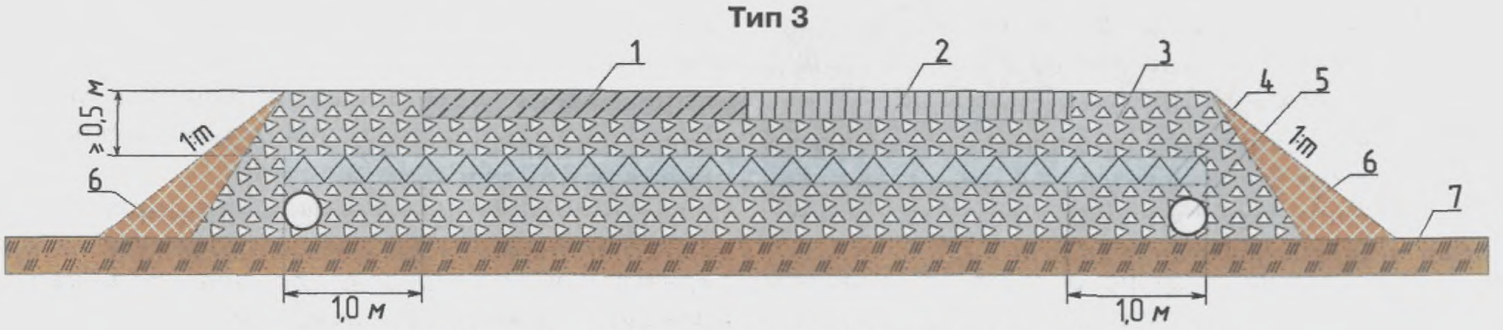
1 — цементобетон; 2 — асфальтобетон двухслойный; 3 — щебень (гравий); 4 — песок; 5 — геопенопласт «Стайрофом»; 6 — грунт насыпной; 7 — грунт естественный

Тип 2



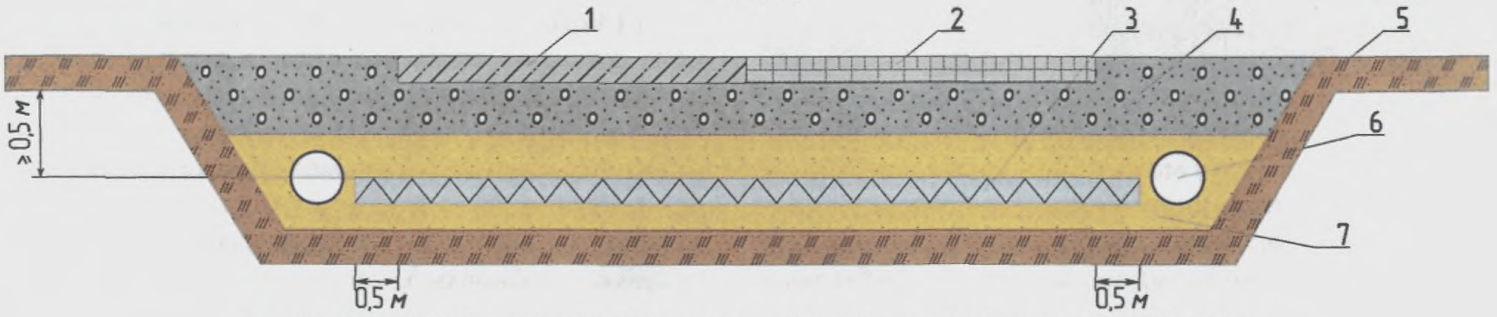
1 — железобетон; 2 — асфальтобетон; 3 — щебень (гравий); 4 — геопенопласт «Стайрофом»; 5 —мерзлотный грунт; 6 — грунт насыпной; 7 — грунт естественный

Тип 3



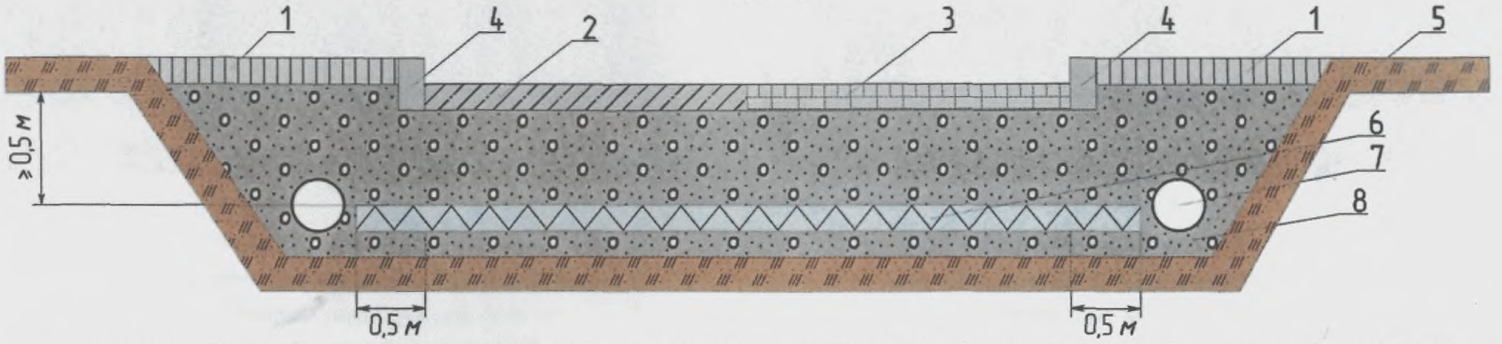
1 — железобетон; 2 — асфальтобетон двухслойный; 3 — песчано-щебёночная смесь; 4 — геопенопласт «Стайрофом»; 5 — дренажные трубы; 6 — грунт насыпной; 7 — грунт естественный

Тип 4



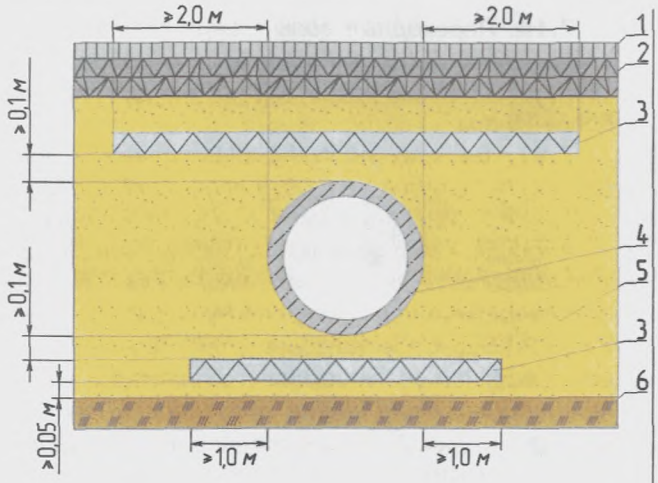
1 — железобетон; 2 — асфальтобетон двухслойный; 3 — геопенопласт «Стайрофом»; 4 — песчано-гравийная смесь; 5 — грунт естественный; 6 — дренажные трубы; 7 — песок

Тип 5



1 — асфальтобетон; 2 — железобетон; 3 — асфальтобетон двухслойный; 4 — бортовые камни; 5 — грунт естественный; 6 — геопенопласт «Стайрофом»; 7 — дренажные трубы; 8 — песчано-гравийная смесь

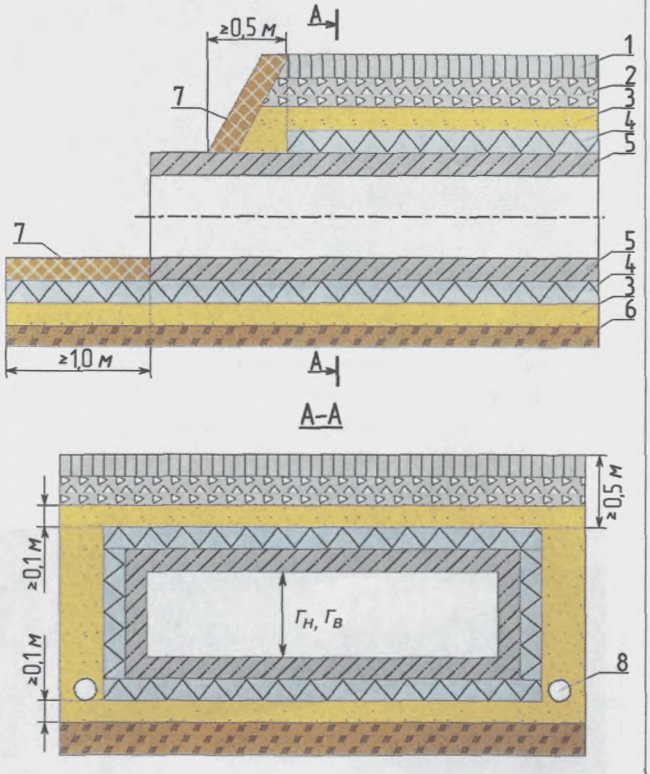
***Рис. 7.7** — Конструкция дорожной одежды и земляного полотна с термоизолирующими слоями из геопенопласта «Стайрофом»*



1 — асфальтобетон;
2 — щебень, уложенный по способу заклинки;
3 — геопенопласт «Стайрофом»;
4 — водопропускная труба; 5 — песок;
6 — грунт естественный.

***Рис.7.8** — Водопропускная труба*

Толщину изолирующего слоя из геопенопласта «Стайрофом» определяют «методом конечных элементов», но в тоже время она должна быть более 0,1 *м*. В остальном материал для дороги рассчитывают точно так же, как и для обычных дорог, когда речь идёт о стандартных материалах, включая несущую способность и минимальную толщину изоляции (рис. 7.11).



$Г_Н$ — габарит пешеходного тоннеля; $Г_В$ — габарит велосипедного тоннеля; 1 — асфальтобетон; 2 — щебень (гравий); 3 — песок; 4 — геопенопласт «Стайрофом»; 5 — железобетон; 6 — грунт естественный; 7 — грунт насыпной; 8 — дренажные трубы.

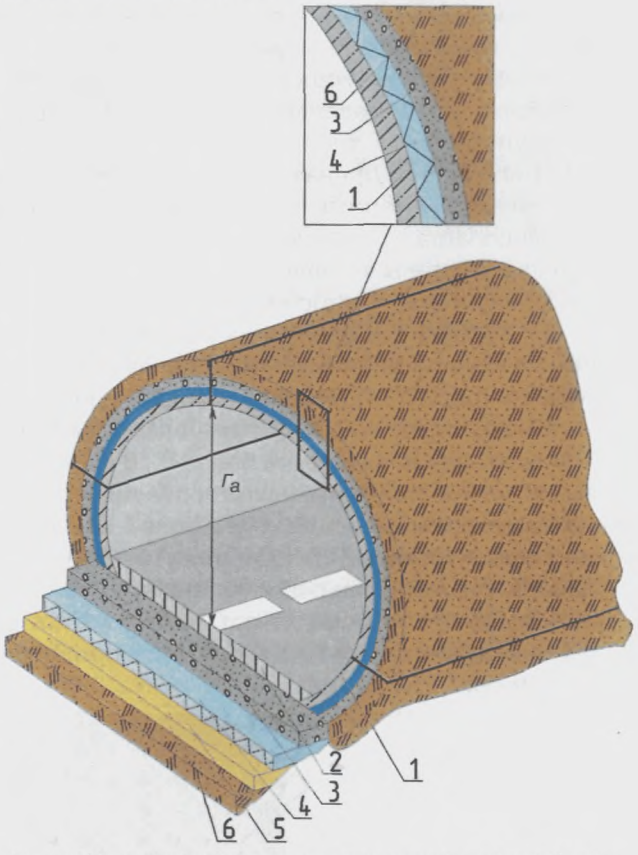
***Рис.7.9** — Пешеходные и велосипедные тоннели*

7.12. Грунтовая вода должна удаляться из свода в донную часть тоннеля, а затем в дренажную систему. Дренаж защищают от промерзания геопенопластом «Стайрофом». Изоляцию укладывают по всему круглому или эллипсоидному контуру тоннеля сразу за железобетонной стеной толщиной от 3—4 и даже до 10 *см* (в зависимости от природно-климатических условий и с учётом дорожно-климатического районирования).

В основании под дорожной одеждой изоляцию из геопенопласта «Стайрофом» укладывают на ширину основания одежды + по 0,25—0,5 *м* в обе стороны — под укреплёнными полосами или обочинами.

Толщину слоя теплоизоляции в дорожной одежде назначают по теплотехническому расчёту.

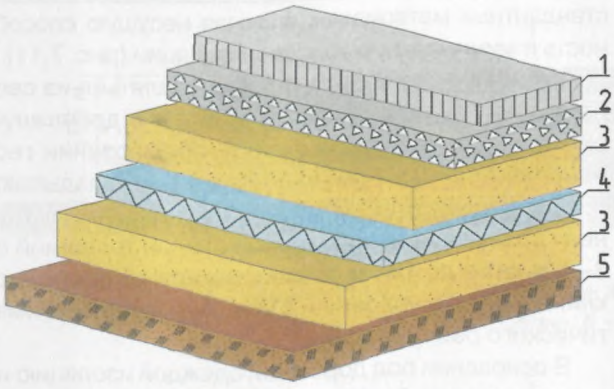
В продольном направлении (перед тоннелем и после тоннеля) изоляцию укладывают на основе решения автора проекта, но более 0,6 *м*.



Га — габарит автотранспортного тоннеля; 1 — железобетон; 2 — асфальтобетон; 3 — песчано-гравийная смесь; 4 — геопенопласт «Стайрофом»; 5 — песок; 6 — грунт естественный.

***Рис.7.10** — Изоляция автотранспортного тоннеля*

7.13. Для предотвращения оползневых явлений устраиваются подпорные стенки. Подпорную стенку защищают от бокового давления грунта при промерзании и пучении. Расчёт изолирующего слоя из геопенопласта «Стайрофом» такой же, как для дорожного покрытия (рис. 7.13) (более 0,1 *м* на вертикальной стенке).



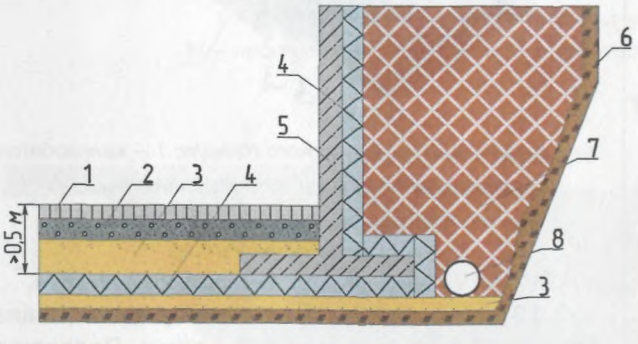
1 — асфальтобетон; 2 — щебень (гравий); 3 — песок; 4 — геопенопласт «Стайрофом»; 5 — грунт естественный.

***Рис.7.11** — Изоляция автотранспортного тоннеля*

7.14. Для предотвращения промерзания и пучения грунта за подпорной стенкой в верхней зоне (рис. 7.12) изоляцию геопенопласт «Стайрофом» следует укладывать по ширине, согласно теплотехническому расчёту, но более 1,0 *м* поверх подверженных промерзанию и пучению грунтов.

Толщина изолирующего слоя из геопенопласта «Стайрофом» определяется «методом конечных элементов», но в тоже время она должна быть 0,1 *м* или более. Дренажные системы укладывают в нижнем углу естественного откоса ниже уровня геопенопласта «Стайрофом». Обратную засыпку подпорной стены выполняют выкопанным грунтом с последующим уплотнением.

7.15. Дамбы и насыпи на поймах, выполненные из грунта, защищают геопенопластом «Стайрофом» (рис. 7.14). Толщину изолирующего слоя из геопенопласта «Стайрофом» определяют расчётом, но она должна быть более 0,10 *м*. На боковых поверхностях применяют геопенопласт «Стайрофом» с прочностью 350 *кПа* и более, а на проезжей части более 500 *кПа* при 10% линейной деформации. Высоту расположения геопенопласта «Стайрофом» определяют расчётом, но она должна быть выше на 0,15 *м* расчётного горизонта воды (рис. 7.15).



1 — асфальтобетон; 2 — песчано-гравийная смесь; 3 — песок; 4 — геопенопласт «Стайрофом»; 5 — железобетон; 6 — грунт естественный; 7 — грунт насыпной; 8 — дренажная труба.

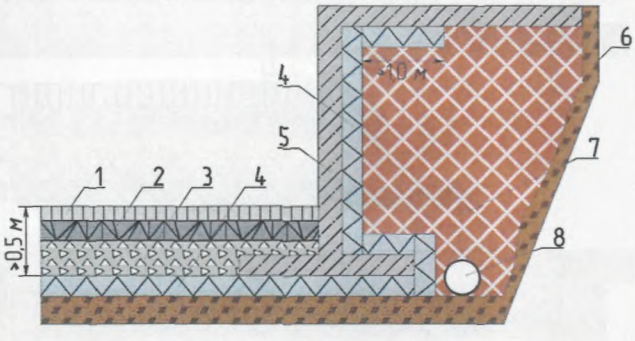
***Рис.7.12** — Подпорная стенка с боковой теплоизоляцией*

7.16. Переходные зоны между теплоизолированной дамбой (плотиной) и берегом определяют теплотехническим расчётом, но они должны быть более 25 *п.м.*

7.17. Во всех дорожно-климатических зонах должно быть выше на 0,50 *м* возвышение поверхности дорожного покрытия с геопенопластом «Стайрофом» над уровнем грунтовых вод, верховодки или длительно (более 30 суток) стоящих поверхностных вод. Согласно пункту 6.10. СНиПа 2.05.02-85 для обеспечения устойчивости и прочности верхней части земляного полотна и дорожной одежды, возвышение поверхности покрытия над расчётным УГВ, верховодки или длительно (более 30 суток) стоящих поверхностных вод должно соответствовать требованиям табл. 7.2.

7.18. Допустимая влажность грунтов (суглинки пылеватые и тяжёлые пылеватые глины) 1,20 $W_{опт}$ в долях от оптимальной при коэффициенте уплотнения грунта 1,0. Но при условии, что грунт уплотняется до 0,95 от максимальной плотности, то под геопенопластом «Стайрофом» запрещается промерзание грунта.

7.19. При устройстве геопенопласта «Стайрофом» в фундаментах мостовых переходов или фундаментах мелкого заложения толщину геопенопласта «Стайрофом» определяют теплотехническим расчётом, но она должна быть 0,1 *м* и более.

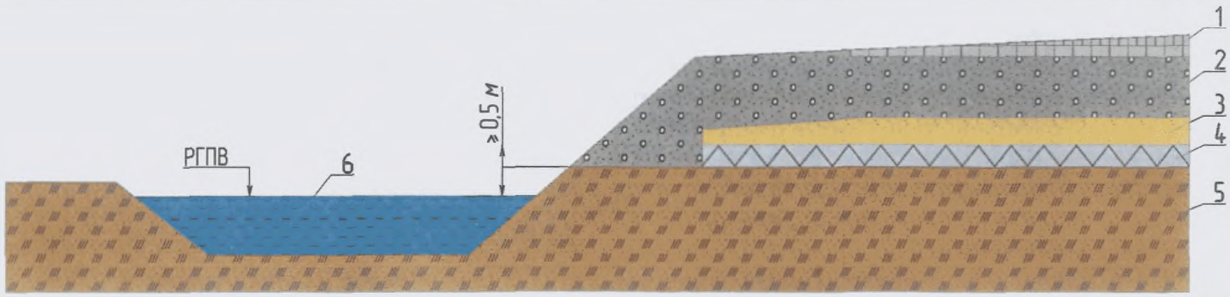


1 — асфальтобетон; 2 — щебень, уложенный по способу заклинки; 3 — щебень (гравий); 4 — геопенопласт «Стайрофом»; 5 — железобетон; 6 — грунт естественный; 7 — грунт насыпной; 8 — дренажная труба.

***Рис.7.13** — Подпорная стенка с боковой и горизонтальной теплоизоляцией*



***Рис.7.14** — Монтаж геопенопласта «Стайрофом» на земляной дамбе*



1 — асфальтобетон двухслойный; 2 — песчано-гравийная смесь; 3 — песок; 4 — геопенопласт «Стайрофом»; 5 — грунт естественный; 6 — вода; РГПВ — расчётный горизонт паводковых вод.

***Рис.7.15** — Расчётный горизонт паводковых вод*

Таблица 7.2 — Наименьшее возвышение низа дорожной одежды по условиям увлажнения местности (из СНиП 2.05.02-85)

Грунт рабочего слоя	Наименьшее возвышение поверхности покрытия в пределах дорожно-климатических зон, *м*			
	II	III	IV	V
Песок мелкий, супесь лёгкая крупная, супесь лёгкая	1,1/0,9	0,9/0,7	0,75/0,55	0,5/0,3
Песок пылеватый, супесь пылеватая	1,5/1,2	1,2/1,0	1,1/0,8	0,8/0,5
Суглинок лёгкий, суглинок тяжёлый, глины	2,2/1,6	1,8/1,4	1,5/1,1	1,1/0,8
Супесь тяжёлая пылеватая, суглинок лёгкий пылеватый, суглинок тяжёлый пылеватый	2,4/1,8	2,1/1,5	1,8/1,3	1,2/0,8

Примечания:

1. *Над чертой — возвышение поверхности покрытия над уровнем грунтовых вод, верховодки или длительно (более 30 суток) стоящих поверхностных вод, под чертой — то же, над поверхностью земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком или над уровнем кратковременно (менее 30 суток) стоящих поверхностных вод.*
2. *За расчётный уровень грунтовых вод надлежит принимать максимально возможный осенний (перед промерзанием) уровень.*

8. Технология и организация работ по устройству термоизоляции из геопенопласта «Стайрофом» при строительстве дорог

8.1. Устройство теплоизолирующей прослойки из плит геопенопласта «Стайрофом» на автодороге

8.1.1. До устройства теплоизолирующего слоя должны быть выполнены работы по:

- подготовке земляного полотна;
- обеспечению водоотвода с поверхности земляного полотна;
- подготовке подъезда для завоза строительных материалов.

8.1.2. Земляное полотно должно быть спланировано и уплотнено в соответствии с действующими нормативами. Если требуемого уплотнения в рабочем слое достичь невозможно, то должны быть выполнены специальные указания проекта.

Водоотвод с поверхности земляного полотна должен быть осуществлен до начала отсыпки выравнивающего слоя под геопенопласт «Стайрофом». При соответствующем технико-экономическом обосновании применяют дренирующую прослойку из геотекстиля. Поперечный уклон дренирующей прослойки принимают более 20‰.

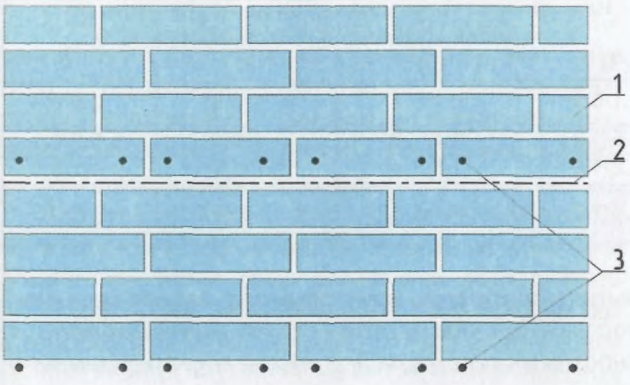
8.1.3. Для обеспечения равномерного опирания плит на поверхность земляного полотна, как правило, устраивают выравнивающий слой из песка толщиной 5—10 *см*, но также допускается укладка геопенопласта «Стайрофом» на щебень. Распределение песка производят бульдозерами или автогрейдерами с последующим выравниванием под термоизолирующий слой вручную с контролем нивелира. По подготовленному выравнивающему слою проезд механизмов и автотранспорта запрещается.

8.1.4. Плиты геопенопласта «Стайрофом» укладывают вручную (звено из 2 человек), располагая их длинной стороной вдоль дороги. Плиты следует укладывать таким образом, чтобы поперечные швы в соседних рядах плит располагались вразбежку, т.е. в одной точке не должны соединяться 4 плиты (рис. 8.1).

При двухъярусном теплоизолирующем слое швы нижележащего ряда плит необходимо перекрывать вышележащими плитами (рис. 8.2). Уложенные плиты закрепляют деревянными или металлическими стержнями диаметром 6—8 *мм* и длиной от 20 до 40 *см*.

Стержни забивают в геопенопласт «Стайрофом» заподлицо. При ширине теплоизолирующей прослойки до 8 *м* достаточно закрепить крайние ряды плит и 1—2 ряда по середине слоя. Каждая плита крайнего ряда должна быть закреплена более чем двумя стержнями. Плиты крайних рядов допускается закреплять, забивая стержни рядом с плитой, но заподлицо с верхом плиты.

8.1.5. Первый над плитами слой дорожной одежды или земляного полотна должен отсыпаться толщиной более 30 *см*, но менее 50 *см* в плотном теле по способу «от себя» (рис. 8.3). Распределение песка или щебня производят бульдозером или автогрейдером. Для уплотнения используют вибрационные уплотняющие средства.



1 — геопенопласт «Стайрофом»;
2 — ось дороги; 3 — стальные или деревянные колышки.
***Рис.8.1** — Схема укладки и крепления геопенопласта «Стайрофом» стальными или деревянными колышками*

При использовании построечной техники с диаметром следа заднего колеса более 37 *см* и при среднем давлении от заднего колеса более 0,6 *МПа* следует выполнить расчёт необходимой толщины защитного слоя над геопенопластом «Стайрофом». После уплотнения этого слоя виброкатком весом 14—17 *т* по нему допускается пропуск построечного транспорта. Виброкаток со статической линейной нагрузкой больше 25 *кН/м* нельзя использовать при уплотнении слоя, прилежащего к геопенопласту «Стайрофом».

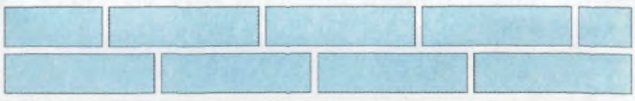


***Рис.8.2** — Схема укладки геопенопласта «Стайрофом» в два яруса.*

8.2. Устройство теплоизолирующей прослойки из плит геопенопласта «Стайрофом» при строительстве мостов, водопропускных труб и тоннелей

8.2.1. Для выполнения строительно-монтажных работ необходимо выполнять требования ПОС, где отмечается, что геопенопласт «Стайрофом» укладывают при положительной температуре в атмосфере, но в исключительных случаях допускается выполнять работы и в холодное время года при разработке ППР.

8.2.2. Геопенопласт «Стайрофом» укладывают на сухую, уплотнённую и выровненную поверхность. После монтажа геопенопласта «Стайрофом» укладывают бетон. При устройстве свайного основания, первоначально производят забивку свай, а затем укладывают геопенопласт «Стайрофом».

8.2.3. В процессе строительства фундаментов необходимо контролировать понижение температуры грунта до 0 °*C*, подтапливание подземными или поверхностными водами с размягчением и размывом верхних слоёв основания.

8.2.4. При отрицательных температурах в атмосфере проходку тоннеля с возведением сборной обделки совместно с геопеноластом «Стайрофом» следует выполнять с подогревом воздуха, для исключения промерзания грунта и пучения в период строительства.



***Рис.8.3** — Укладка песка или щебня способом «от себя» по геопенопласту «Стайрофом»*

ДЛЯ РАЙОНОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЁРЗЛЫХ ГРУНТОВ В I ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ (ДКЗ)

9. Основные термины и понятия мерзлотоведения

Геокриология (от греч, *geo* — земля; *kryos* — холод, мороз, лед; *logos* — слово) — наука «мерзлотоведение», изучающая строение, состав, свойства, происхождение, распространение и историю развития мёрзлых толщ в земной коре, а также процессы, связанные с их промерзанием и оттаиванием.

Вечная мерзлота (многолетняя мерзлота) — многозначный термин, соответствующий понятиям: многолетнемёрзлые горные породы, многолетняя криолитозона.

Перелетки — слои грунта, замерзающие зимой и не оттаивающие в течение одного, двух, трёх лет.

Термокарст (термокарстовые озёра) представляет собой образование просадочных и провальных форм рельефа вследствие вытаивания подземных льдов или оттаивания мёрзлого грунта.

Наледи — это слоистые ледяные массивы на поверхности земли, льда или инженерных сооружений, возникшие при замерзании периодически изливающихся природных или техногенных вод.

Глубина сезонного оттаивания — это максимальная для данного района глубина оттаивания за летний период при наличии ММГ, которая устанавливается замерами в конце осеннего, начале зимнего периодов (сентябрь — ноябрь) или в соответствии с **прил.3** в СНиП 2.02.04-88.

Глубина нулевых годовых амплитуд — это глубина, на которой температура ММГ является постоянной в течение всего годового периода, независимо от сезонных колебаний температуры воздуха на поверхности земли. Эта температура (в связи с отсутствием амплитуды, $A_o = 0$) является основной характеристикой среднегодовой температуры многолетнемёрзлых (вечномёрзлых) грунтов.

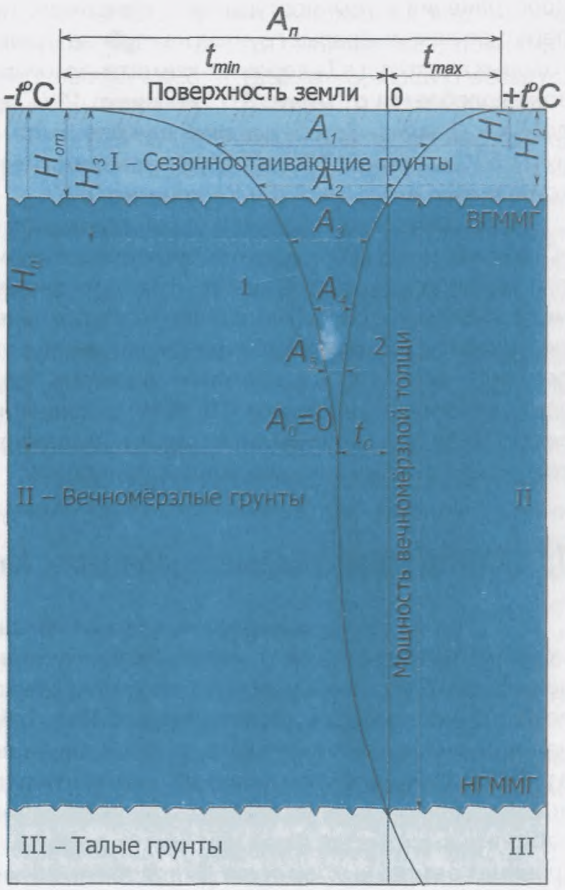


***Рис.9.1** — Изменения температуры в годовом периоде по глубине сезонноотаивающего слоя грунта и вечномёрзлой толщи пород*

A_n, A_1, A_2 — годовые амплитуды температур на поверхности земли, на глубинах H_1, H_2, и т. д., в °C;
A_0 — нулевая амплитуда температур толщи пород, равная 0 °C;
H_o — глубина нулевой амплитуды пород, м;
$H_{от}$ — максимальная глубина оттаивающих грунтов за летний период, м;
ВГММГ — верхний горизонт многолетнемёрзлых грунтов;
НГММГ — нижний горизонт многолетнемёрзлых грунтов;
t_o — отрицательная температура многолетнемёрзлых грунтов, °C;
1 — обёртывающая линия самых низких отрицательных температур толщи пород по глубине в данной конкретной точке поверхности земли;
2 — обёртывающая линия самых высоких положительных и отрицательных температур толщи пород по глубине в данной конкретной точке поверхности земли.

10. Принципы проектирования

10.1. В зоне вечной мерзлоты, согласно СНиПу 2.05.02-85 для I ДКЗ и **прил. А** данного документа, выделены три дорожно-климатические подзоны, которые различаются по климатическим условиям, влажности грунтов деятельного (сезонно-оттаивающего) слоя, его мощности, характера распространения и температуры ВМГ. Например, температура вечномёрзлых грунтов на глубине нулевых годовых амплитуд в I_1 дорожно-климатической подзоне колеблется от минус 3^oC до минус 12^oC, в I_2 дорожно-климатической подзоне колеблется от минус $1{,}5^oC$ до минус 7^oC, в I_3 дорожно-климатической подзоне колеблется от 0^oC до минус 3^oC.

10.2. Земляное полотно с геопенопластом «Стайрофом» в **I ДКЗ** следует проектировать с учётом температурного режима грунтов и их физико-механических свойств, на основе теплотехнических расчётов, исходя из принципов направленного регулирования уровня залегания верхнего горизонта вечномёрзлых грунтов (**ВГММГ**) в основании насыпи в период эксплуатации дороги, а также руководствуясь одним из следующих принципов:

- **первый** — обеспечение поднятия ВГММГ до подошвы насыпи или выше и сохранение его на этом уровне в течение всего периода эксплуатации дороги;
- **второй** — допущение оттаивания грунта деятельного слоя в основании насыпи в период эксплуатации дороги при условии ограничения осадок допустимыми пределами для конкретного типа покрытия;
- **третий** — обеспечение предварительного оттаивания ММГ и осушения дорожной полосы до возведения земляного полотна.

Первый принцип применяется на участках с низкотемпературной вечной мерзлотой сплошного распространения.

Второй принцип применяется на участках также с низкотемпературной вечной мерзлотой сплошного и прерывистого распространения.

Третий принцип применяется на участках с островной высокотемпературной вечной мерзлотой при наличии хорошего водоотвода.

11. Конструкции земляного полотна с геопенопластом «Стайрофом»

11.1. На существующих дорогах термоизоляция может укладываться либо с использованием имеющегося верхнего слоя земляного полотна в качестве основания, либо за счёт заглубления. Заглублённая термоизоляция может быть лучшим решением в районах городской или сельской местности плотной застройки там, например, где необходимо избежать высоких насыпей или других проблем на границах земельных участков. В подобных случаях необходимо также согласовывать длины переходов между изолированными геопенопластом и неизолированными участками дороги.

Чтобы избежать слишком резких переходов между изолированным и неизолированным дорожным полотном, переход выполняют за счёт постепенного уменьшения изоляции в направлении неизолированного участка дороги (рис. 7.3). Протяжённость переходной зоны зависит от скорости движения транспорта (см. табл. 11.1).

Таблица 11.1 — Протяжённость пешеходной зоны

Скорость движения автотранспорта, *км/ч*	Протяжённость пешеходной зоны, *п.м*
60	15
80	20
100	25
150	35

11.2. Переходные зоны с геопенопластом «Стайрофом» нельзя устраивать вблизи водоёмов или участков с постоянной тенью, на поворотах, а также на подъёмах и спусках дороги.

11.3. В разрезах горных пород геопенопласт «Стайрофом» укладывают на полную ширину изоляции толщиной более 1 *п.м* до тех пор, пока не дойдут до грунта с однородным подъёмом, после чего начинается выполнение перехода между изолированными геопенопластом неизолированными участками дороги.

На существующих дорогах может стать необходимым неоднократное увеличение длины перехода между изолированными геопенопластом и неизолированными участками дороги. Длина перехода часто должна быть согласована как с примыкающими дорогами и выездами на земельные участки, так и со смещением существующей дороги. Съезды изолируют по длине более 5,0 *п.м* (см. рис. 11.1).

11.4. Если толщина постели равна 0,5 *м*, то рекомендуют применение геопенопласта «Стайрофом» с нагрузками 500 *кПа*, а если она превышает 1,0 *м*, то можно использовать геопенопласт «Стайрофом» с нагрузками 350 *кПа*.

11.5. Необходимый тип геопенопласта «Стайрофом» можно выбрать из табл. 3.1, с учётом разной нагрузки. Указанные значения характеристик в состоянии предела прочности (табл. 3.1) отражают кратковременные величины, которые установлены при нижней 5% деформации. В случае долговременных нагрузок эти характеристики могут понижаться. Допустимое напряжение при долговре-

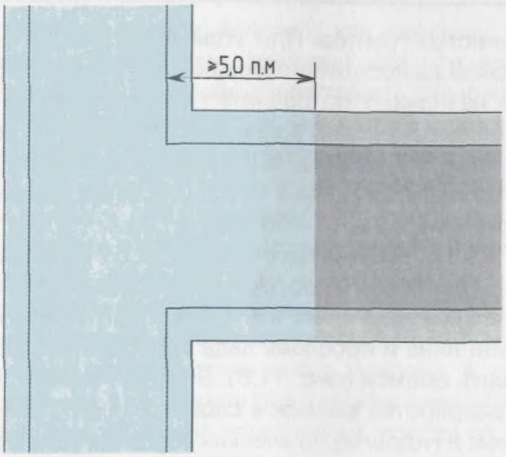


***Рис. 11.1** — Съезд с существующей дороги*

менной нагрузке рассчитано на срок эксплуатации до 50 лет и его запрещается превышать.

11.6. Свод тоннеля термоизолируется геопенопластом «Стайрофом» прочностью более 200 *кПа*, а толщина геопенопласта «Стайрофом» определяется «численными методами» по методике МГУ и ЦНИИС, но в то же время должна быть более 0,1 *м*.

Для укладки дорожного полотна толщину изолирующего слоя из геопенопласта «Стайрофом» определяют «методом конечных элементов». В то же время она должна быть более 0,1 *м*. В остальном материал для дорог рассчитывают точно так же, как и для обычных дорог, когда речь идёт о стандартных материалах, включая несущую способность и минимальную толщину изоляции.

Грунтовую воду удаляют от свода в донную часть тоннеля, а затем сливают в дренажную систему. Дренаж защищают от промерзания геопенопластом «Стайрофом». Изоляцию укладывают на максимальной глубине. Ширину плиты определяют теплотехническим расчётом, но она должна быть равна 0,6 *м* или более.

11.7. Земляное полотно с геопенопластом «Стайрофом» конструируют в зависимости от типов местности, руководствуясь принятыми принципами проектирования (см. пункт 10.2). Расстояние от верхней точки геопенопласта «Стайрофом» до поверхности дорожного полотна должно быть более 0,5 *м*.

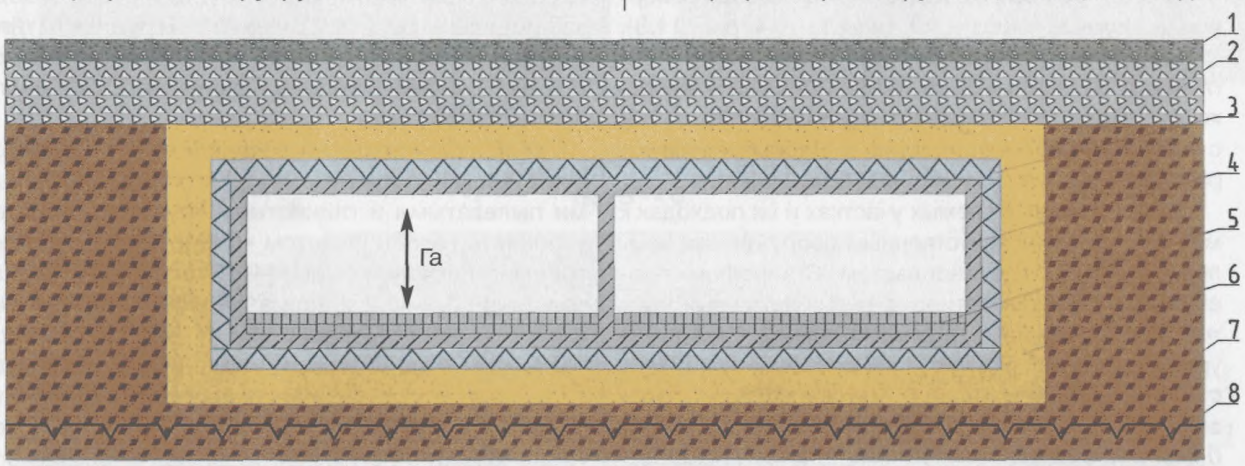
11.8. Высоту насыпи назначают, исходя из комплекса требований, на основе расчётов на устойчивость, прочность и снегонезаносимость, с учётом расчётного уровня паводковых вод, наличия наледных участков и т.д. Окончательно принимают наибольшую высоту, удовлетворяющую всем требованиям.

11.9. При проектировании по **первому** принципу земляное полотно конструируют в насыпях, как правило, из несцементированных обломочных грунтов, применяют поперечные профили насыпи с геопенопластом «Стайрофом» на льдонасыщенных грунтах (рис. 11.3) см. дорожные конструкции, типы 1—2.

11.10. На участках местности (тип 3), сложенных грунтами IV—V категории просадочности, при проектировании по **первому** принципу земляное полотно конструируют в насыпи с геопенопластом «Стайрофом» из крупнообломочных, а также из талых или сыпучемёрзлых и сухомёрзлых песчаных грунтов в основании. Насыпи с геопенопластом «Стайрофом» проектируют с бермами, а мохорастительный покров в пределах подошвы насыпи следует сохранять. Поперечные профили насыпи конструируют с геопенопластом «Стайрофом» с грунтами IV и V категории просадочности, см. дорожные конструкции, типы 3—4 (рис. 11.3).

11.11. С геопенопластом «Стайрофом» проектируют земляное полотно по **первому** принципу используя мёрзлые грунты, в т. ч. глинистые, в нижней части насыпи, см. дорожную конструкцию, тип 5–6 (рис. 11.3). Толщину мёрзлого слоя и толщину грунта над ним и на откосах назначают по расчёту.

11.12. Земляное полотно с геопенопластом «Стайрофом» проектируют в две стадии на льдона-



1 –цементобетон; 2 — щебень (гравий); 3 — геопенопласт «Стайрофом»; 4 — железобетон; 5 — асфальтобетон двухслойный; 6 — песок; 7 — грунт естественный; 8 — горизонт ВГММГ; $Г_а$ — габарит тоннеля (для автотранспорта)

***Рис. 11.2** — Тоннели*

сыщенных грунтах, типы 6—7 (рис. 11.3). На первой стадии применяют несцементированные обломочные грунты, а на второй стадии допускаются глинистые грунты. В таких случаях верхнюю часть насыпи предусматривают из щебёночного или гравийного материала толщиной более 0,5 *м* или равной.

11.13. Для определения толщины геопенопласта «Стайрофом», укладываемого на поверхность промороженного глинистого грунта, необходимо выполнить расчёт теплоизолирующих слоёв с использованием методов математического моделирования (см. расчёт толщины теплоизоляции на откосах в типовом альбоме «Союздорпроекта»).

11.14. На льдонасыщенных косогорных участках положе (1:5) земляное полотно, как правило, проектируют в насыпях с геопенопластом «Стайрофом», а в отдельных случаях — на косогорах круче (1:10) предусматривают полунасыпи-полувыемки, см. дорожную конструкцию, тип 9–10 (рис. 11.3). Во избежание нарушения теплового режима, увеличения глубины оттаивания и снижения устойчивости сооружения устройство уступов на косогорах запрещается.

11.15. На косогорных участках круче (1:5) земляное полотно с геопенопластом «Стайрофом» укрепляют специальными подпорными стенками, дорожная конструкция, тип 11–12 (рис. 11.3), предусматривая их заглубление в вечномёрзлый грунт по расчёту на боковое давление и выпучивание. Для предотвращения оползневых явлений устраивают подпорные стенки. Расчёт геопенопласта «Стайрофом» (за вертикальной стенкой) такой же, как для дорожного покрытия, но толщина его должна быть равна 0,1 *м* или более.

11.16. При проектировании по **второму** принципу земляное полотно с геопенопластом «Стайрофом» на участках без льдонасыщенных грунтов допускают устраивать земляное полотно из местных глинистых грунтов с закладкой притрассовых резервов, дорожные конструции, типы 13—14 (рис. 11.3). Место, размер и очертания резервов назначают согласно требованиям СНиП 2.05.02-85. Крутизну откосов резервов необходимо назначать положе (1:5) с учётом рекультивации, а дно и откосы покрывают растительным слоем толщиной более 0,3 *м*.

11.17. На затопляемых участках и на подходах к мостам и другим искуственным сооружениям земляное полотно с геопенопластом «Стайрофом» проектируют из несцементированных обломочных грунтов. Бровка земляного полотна должна быть выше уровня расчётного горизонта воды на высоту волны с набегом на откос, но при любых условиях бровка земляного полотна должна быть выше более чем на 0,2 *м*. В необходимых случаях предусматривают укрепление откосов с учётом скорости течения воды.

В случае высокой насыпи и низкого (относительно насыпи) расчётного горизонта воды верхнюю часть насыпей допускается проектировать из глинистых грунтов. При этом высоту нижней части насыпи из несцементированных обломочных грунтов назначают по расчёту (высота подпора воды плюс высота волны на широких поймах), но во всех случаях она должна быть выше расчётного горизонта воды более чем на 0,2 *м*, (см. дорожные конструкции), типы 15—16 (рис. 11.3).

11.18. На участках местности с благоприятными грунтово-гидрогеологическими условиями (скальные, щебенистые и т. п. грунты) при отсутствии линз и прослоек льда допускается проектировать выемки (рис. 11.3). В случае необходимости разработки выемок в сложных мерзлотно-грунтовых и гидрогеологических условиях (сырые места) их проектируют (при соответствующем технико-экономическом обосновании) с теплоизоляцией откосов и оснований дорожной одежды геопенопластом «Стайрофом», см. дорожные конструкции, типы 17—18 (рис. 11.3). При этом должен быть обеспечен надёжный отвод воды из выемки.

При проектировании выемок глубиной более 2 *м* в мелких и пылеватых песках, переувлажнённых пылеватых суглинках, в легковыветривающихся сильнотрещиноватых скальных породах, а также в многолетнемёрзлых грунтах, переходящих при оттаивании в мягкопластичное состояние, предусматривают замену переувлажнённых глинистых грунтов или применение геопенопласта «Стайрофом» с устройством закюветных полок шириной 0,5—2 *м* (в зависимости от крутизны откосов и глубины выемки) или (при соответствующем обосновании) предусматривают более пологие откосы, (см. дорожные конструкции), типы 15—16 (рис. 11.3).

11.19. Для уменьшения неравномерности осадки оттаивающего грунта основания и одновременно для улучшения условий проезда построечного транспорта, при отсыпке и уплотнении нижнего слоя земляного полотна, чтобы предотвратить проникновение сыпучего материала верхней части насыпи в поры комковатого грунта и отвести воду за пределы насыпи при оттаивании грунта в летний период, а также для повышения общей устойчивости насыпи рекомендуется применять геопенопласт «Стайрофом».

11.20. Для защиты от водной и ветровой эрозии откосы насыпи (выемки), сложенные песчаными пылеватыми и глинистыми грунтами, следует укреплять геопенопластом «Стайрофом» и слоем торфяно-песчаной смеси (40% торфа, 60% песка) толщиной 0,1—0,2 *м*, при этом в смесь вводят семена многолетних трав. Откосы насыпей и выемок необходимо укреплять, а тип укрепления назначают в зависимости от физико-механических свойств грунтов, слагающих откосы земляного полотна, погодно-климатических факторов, гидрологического режима подтопления, высоты насыпи и глубины выемки и наличия местных материалов для укрепительных работ в соответствии с типовым альбомом «СОЮЗДОРПРОЕКТА».

11.21. Земляное полотно, как правило, конструируют с пологими откосами для повышения устойчивости дорожных конструкций, технологичности их сооружения и повышения безопасности движения, а это возможно только с геопенопластом «Стайрофом». Поперечные профили дорог с геопенопластом «Стайрофом» проектируют в одном уровне с отметками планировки и в выемках, см. типы 19—20 (рис. 11.3).

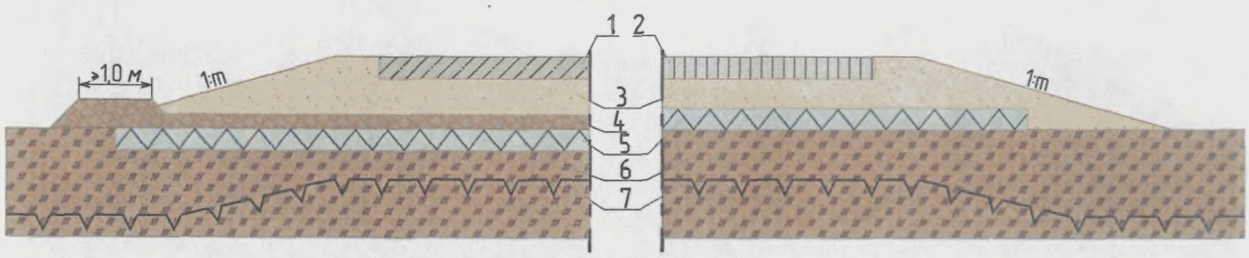
11.22. При проектировании насыпей следует учитывать возможные осадки земляного полотна за счёт обжатия растительного покрова, а также оттаивания и уплотнения грунтов основания. Осадку земляного полотна определяют, исходя из типа местности, вида грунта основания, наличия или отсутствия на поверхности земли мохорастительного покрова и его мощности, а также с учётом капитальности дорожной одежды (табл. 18.1).

11.23. Объём дополнительных земляных работ из-за осадки основания насыпи принимают равным произведению площади осадки под насыпью на длину участка. Площадь осадки следует расчитывать в виде трапеции с максимальной осадкой по оси и бровкам земляного полотна и равной нулю в точке пересечения подошвы откоса насыпи с естественной поверхностью земли.

11.24. Продольный водоотвод на дорогах в населённых пунктах осуществляют с помощью лотков, водотоков открытого и закрытого типов, а поперечный водоотвод – приданием покрытию и обочинам необходимых поперечных уклонов (соответственно 20‰ и 40‰). Лотки предусматривают, как правило, мелкого заложения, но выше верхней отметки геопенопласта «Стайрофом». Дно и стены лотков укрепляют бетонными плитами с гидроизоляцией. Расстояние лотка от стен здания должно быть более 10—15 *п.м,* (см. дорожную конструкцию), тип 21–22 (рис. 11.3) При закрытой системе водоотвода тротуары располагают непосредственно у отмостки здания, а проезжая часть должна примыкать к тротуару и иметь уклон в сторону водоприёмников.

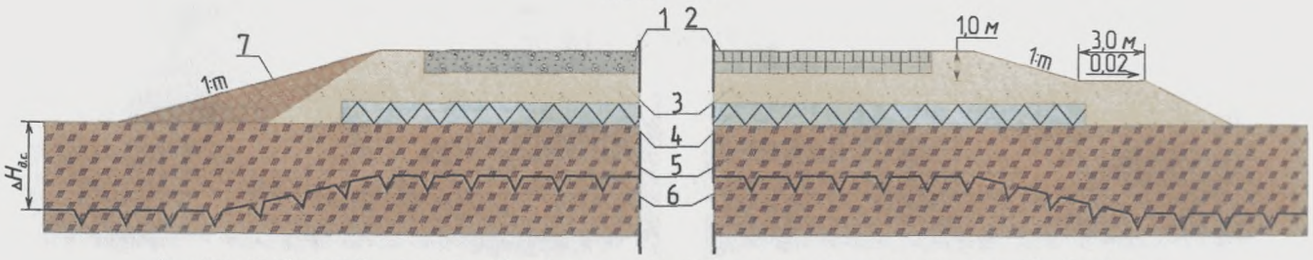
11.25. В районах с мощным снеговым покровом на дорогах, проектируемых в зоне застройки, предусматривают обочины при отсутствии прилегающих газонов или иных площадей, пригодных для укладки убираемого с дороги снега.

Тип 1 — 2



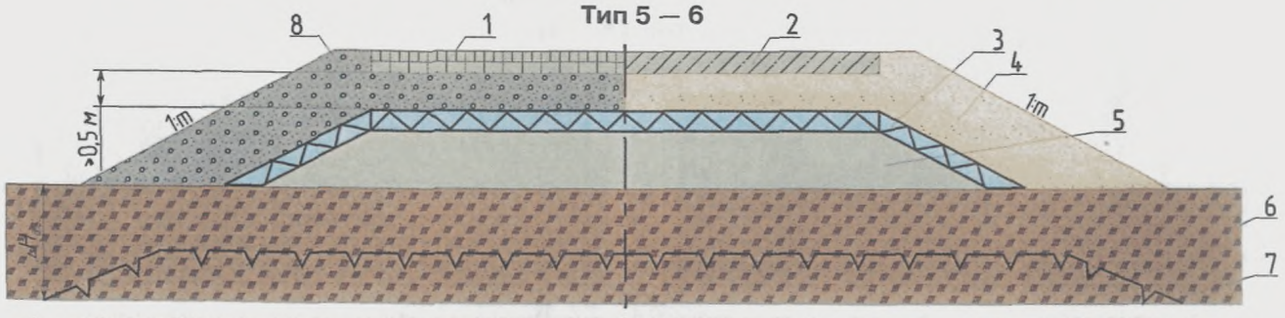
1 —железобетон; 2 — асфальтобетон; 3 — песок; 4 — привозной грунт; 5 — геопенопласт «Стайрофом»; 6 — грунт естественный; 7 — линия ВГММГ.

Тип 3 — 4



1 —цементобетон; 2 — асфальтобетон двухслойный; 3 — песок; 4 — геопенопласт «Стайрофом»; 5 — грунт естественный; 6 — линия ВГММГ; 7 — привозной грунт; $\triangle H_{д.с.}$ — толщина деятельного слоя.

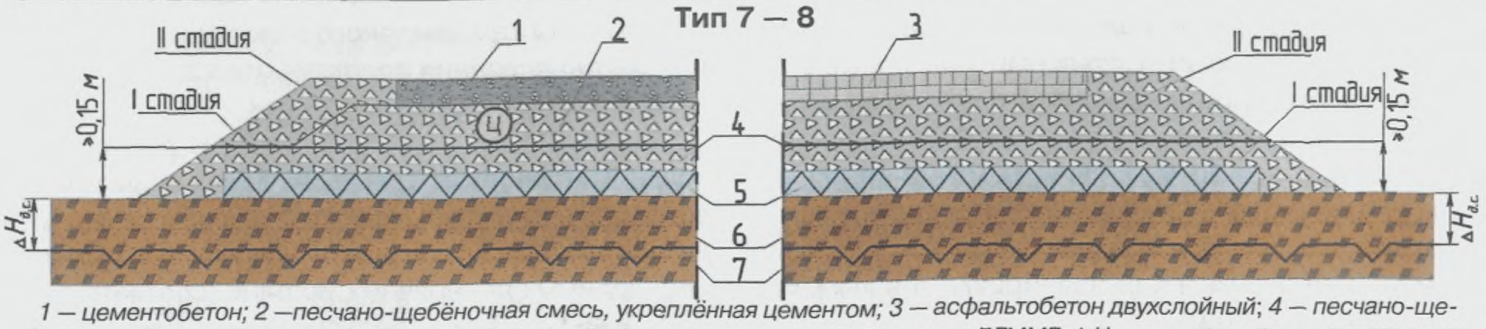
Тип 5 — 6



1 — асфальтобетон двухслойный; 2 —железобетон; 3 — геопенопласт «Стайрофом»; 4 — песок; 5 — мерзлотный грунт; 6 — грунт естественный; 7 — линия ВГММГ; 8 — песчано-гравийная смесь; $\triangle H_{д.с.}$ — толщина деятельного слоя.

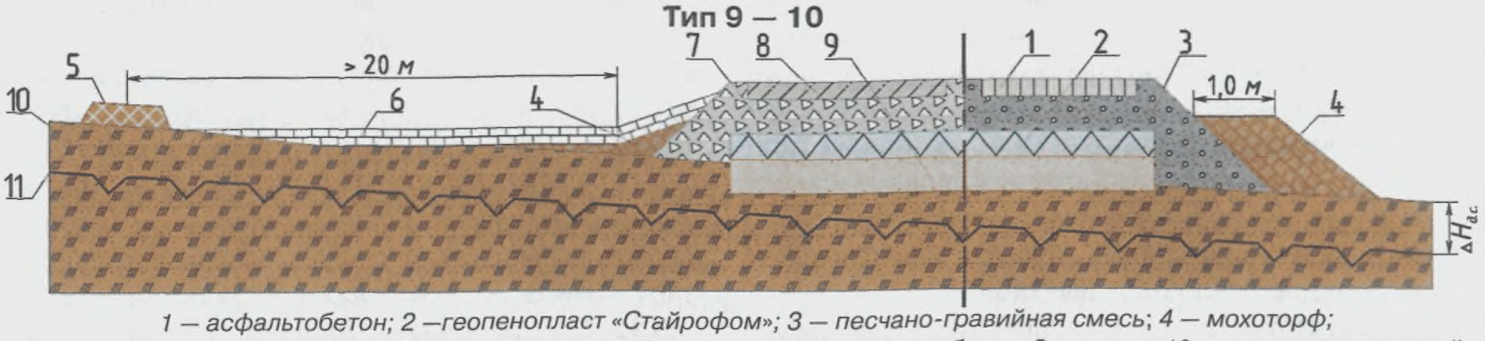
***Рис. 11.3** — Поперечные профили насыпи с геопенопластом «Стайрофом»*

Тип 7 — 8



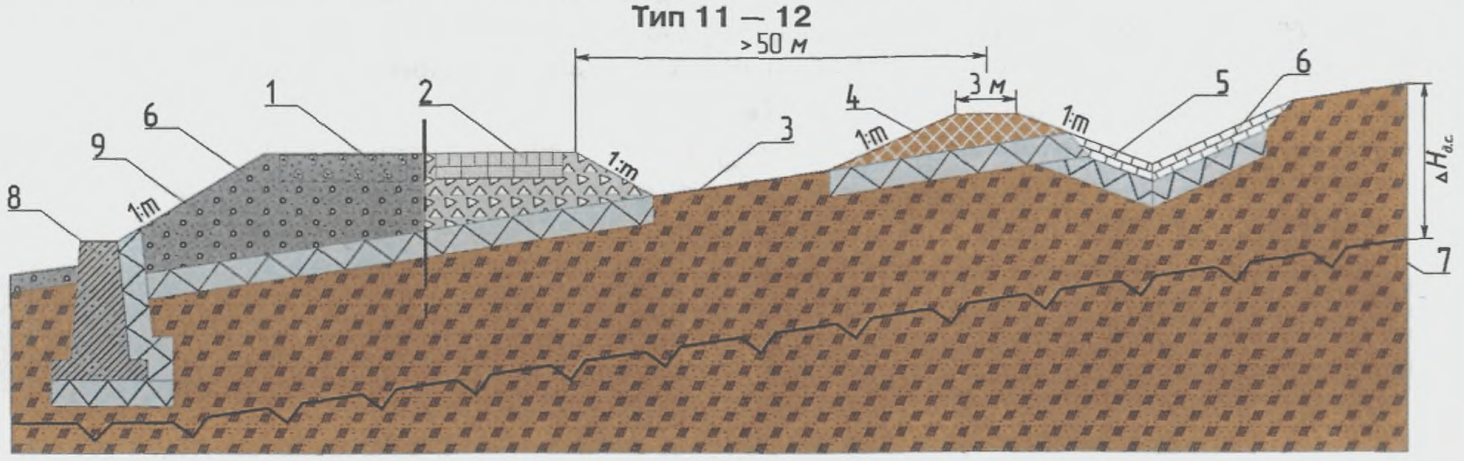
1 — цементобетон; 2 —песчано-щебёночная смесь, укреплённая цементом; 3 — асфальтобетон двухслойный; 4 — песчано-щебёночная смесь; 5 — геопенопласт «Стайрофом»; 6 — грунт естественный; 7 — линия ВГММГ; $\Delta H_{д.с.}$ — толщина деятельного слоя

Тип 9 — 10



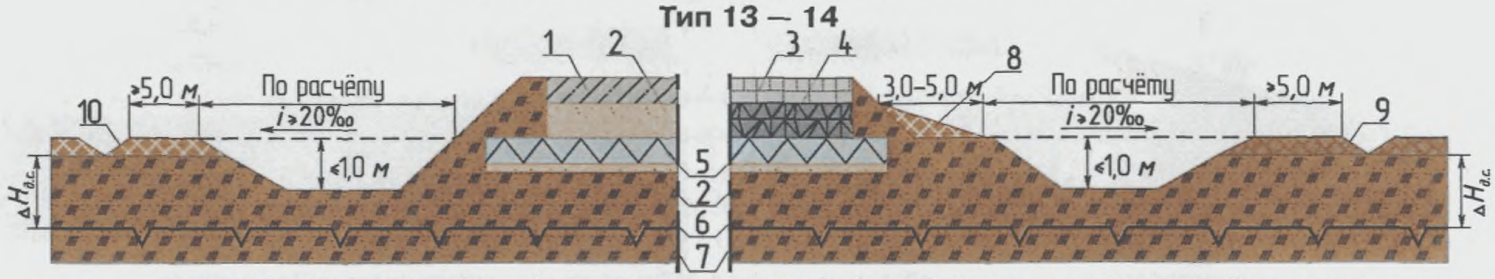
1 — асфальтобетон; 2 —геопенопласт «Стайрофом»; 3 — песчано-гравийная смесь; 4 — мохоторф; 5 — нагорный валик; 6 — тротуарная плитка; 7 — щебень (гравий); 8 — железобетон; 9 — песок; 10 — грунт естественный; 11 — линия ВГММГ; $\Delta H_{д.с.}$ — толщина деятельного слоя

Тип 11 — 12



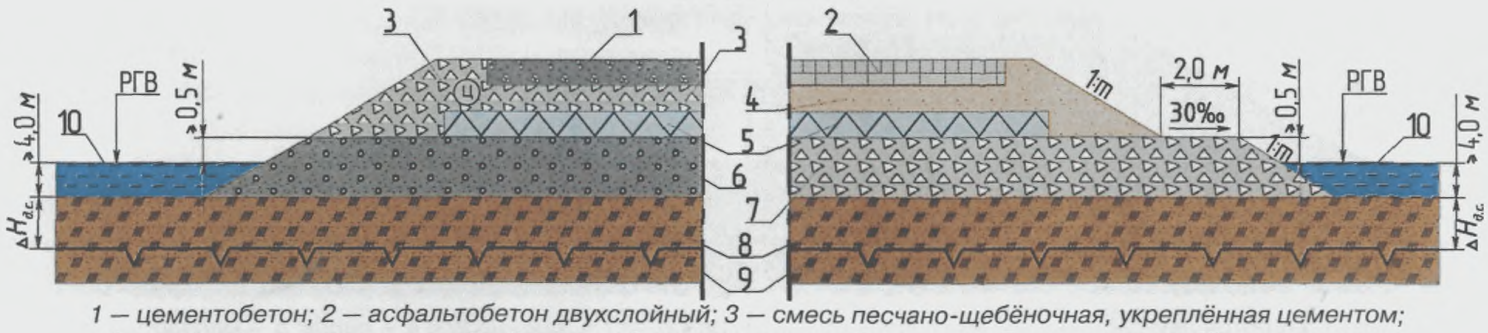
1 — цементобетон; 2 —асфальтобетон двухслойный; 3 — грунт естественный; 4 — нагорный валик; 5 — тротуарная плитка; 6 — геопенопласт «Стайрофом»; 7 — линия ВГММГ; 8 — подпорная стенка; 9 — песчано-гравийная смесь; $\Delta H_{д.с.}$ — толщина деятельного слоя

Тип 13 — 14



1 – железобетон; 2 – песок; 3 – асфальтобетон двухслойный; 4 – щебень, уложенный по способу заклинки; 5 – геопенопласт «Стайрофом»; 6 – грунт естественный; 7 – линия ВГММГ; 8 – торфяная присыпка на откосе; 9 – мохоторф; 10 – грунт насыпной; $\Delta H_{д.с.}$ — толщина деятельного слоя

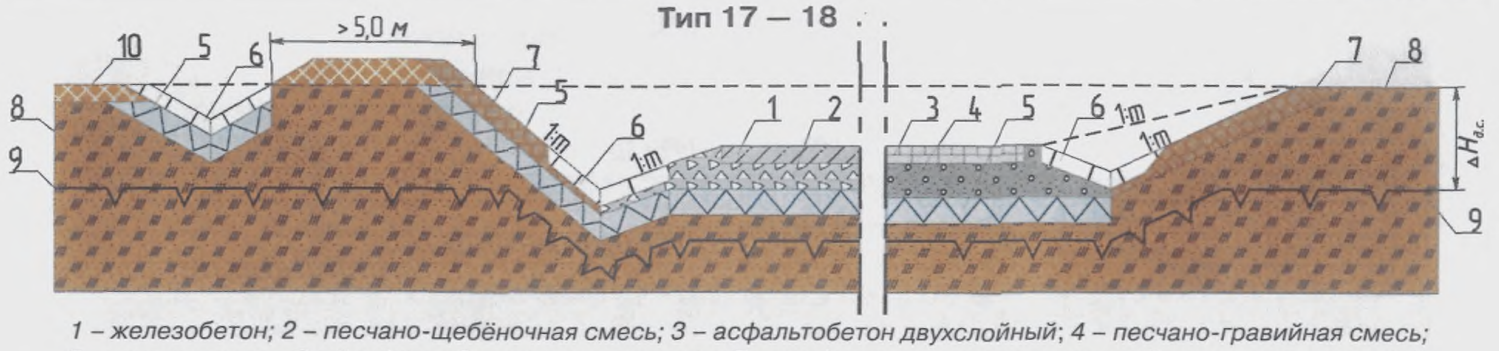
Тип 15 — 16



1 — цементобетон; 2 — асфальтобетон двухслойный; 3 — смесь песчано-щебёночная, укреплённая цементом; 4 — песок; 5 — геопенопласт «Стайрофом»; 6 — песчано-гравийная смесь; 7 — песчано-щебёночная смесь; 8 — грунт естественный; 9 — линия ВГММГ; 10 — вода; $\Delta H_{д.с.}$ — толщина деятельного слоя

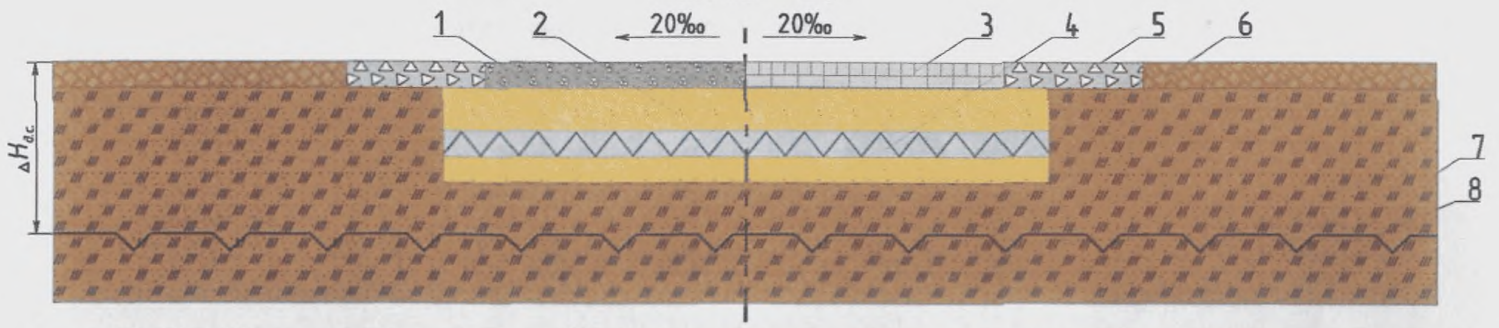
***Рис. 11.3** — Поперечные профили насыпи с геопенопластом «Стайрофом» (продолжение)*

Тип 17 — 18



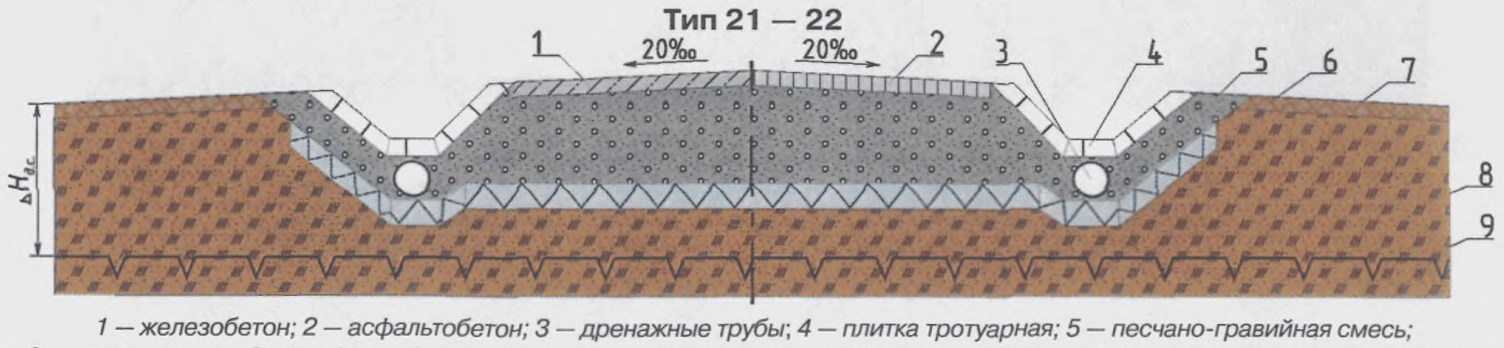
1 – железобетон; 2 – песчано-щебёночная смесь; 3 – асфальтобетон двухслойный; 4 – песчано-гравийная смесь; 5 – геопенопласт «Стайрофом»; 6 – плитка тротуарная; 7 – торфяная присыпка на откосе; 8 – грунт естественный; 9 – линия ВГММГ; 10 – грунт насыпной; $\Delta H_{д.с.}$ – толщина деятельного слоя

Тип 19 — 20



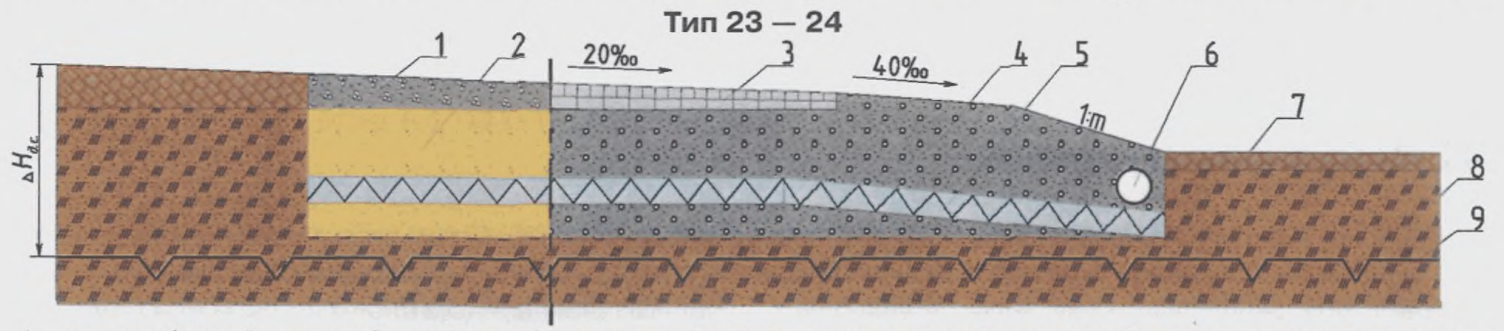
1 — цементобетон; 2 — песок; 3 — асфальтобетон двухслойный; 4 — геопенопласт «Стайрофом»; 5 — песчано-щебёночная смесь; 6 — мохоторф; 7 — грунт естественный; 8 — линия ВГММГ; $\Delta H_{д.с.}$ — толщина деятельного слоя

Тип 21 — 22



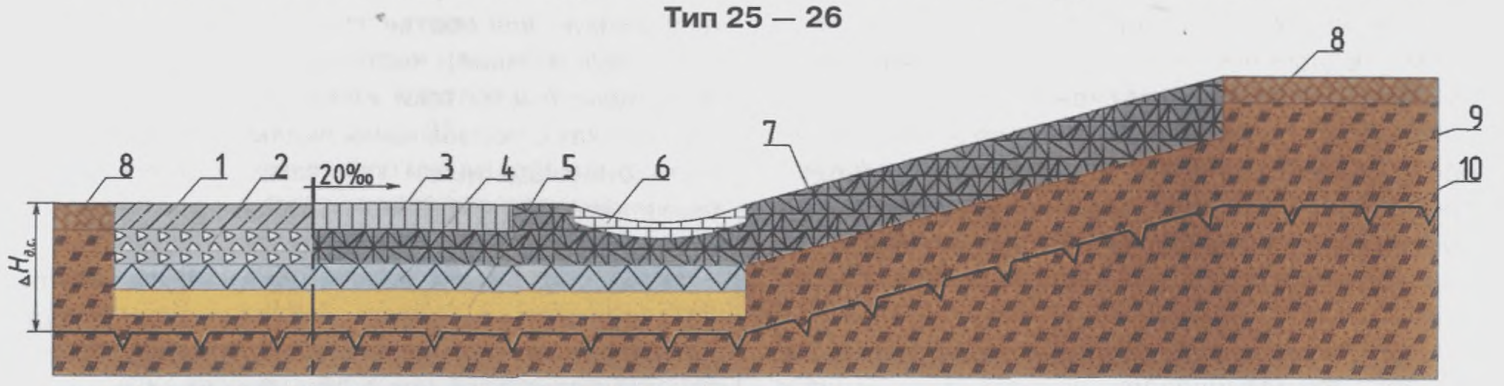
1 — цементобетон; 2 — асфальтобетон; 3 — дренажные трубы; 4 — плитка тротуарная; 5 — песчано-гравийная смесь; 6 — геопенопласт «Стайрофом»; 7 — мохоторф; 8 — грунт естественный; 9 — линия ВГММГ; $\Delta H_{д.с.}$ — толщина деятельного слоя

Тип 23 — 24



1 — цементобетон; 2 — песок; 3 — асфальтобетон двухслойный; 4 — песчано-гравийная смесь; 5 — геопенопласт «Стайрофом»; 6 — дренажная труба; 7 — мохоторф; 8 — грунт естественный; 9 — линия ВГММГ; $\Delta H_{д.с.}$ — толщина деятельного слоя.

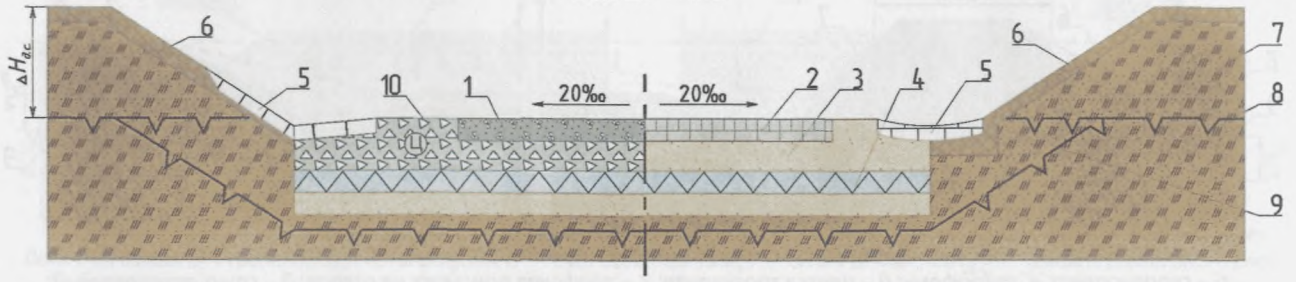
Тип 25 — 26



1 – железобетон; 2 – песчано-щебёночная смесь; 3 – асфальтобетон; 4 – геопенопласт «Стайрофом»; 5 – песок; 6 – плитка тротуарная; 7 – щебень, уложенный по способу заклинки; 8 – мохоторф; 9 – грунт естественный; 10 – линия ВГММГ; $\Delta H_{д.с.}$ – толщина деятельного слоя.

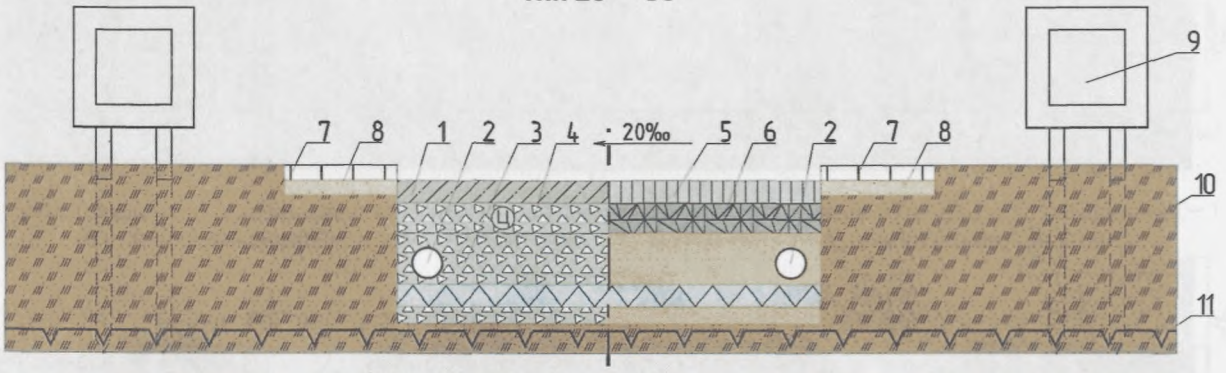
***Рис. 11.3** – Поперечные профили насыпи с геопенопластом «Стайрофом» (продолжение)*

Тип 27 — 28



1 — цементобетон; 2 — асфальтобетон двухслойный; 3 — песок;
4 — геопенопласт «Стайрофом»; 5 — тротуарная плитка; 6 — мохоторф;
7 — грунт естественный; 8 — линия ВГММГ до строительства; 9 — линия ВГММГ после строительства;
10 — смесь песчано-щебёночная, укреплённая цементом; $\triangle H_{д.с.}$ — толщина деятельного слоя

Тип 29 — 30



1 — железобетон; 2 — дренажные трубы; 3 — смесь песчано-щебёночная;
4 — смесь песчано-щебёночная, укреплённая цементом; 5 — асфальтобетон;
6 — щебень, уложенный по способу заклинки; 7 — тротуарная плитка; 8 — песок;
9 — здания и сооружения; 10 — грунт естественный; 11 — линия ВГММГ;
$\triangle H_{д.с.}$ — толщина деятельного слоя

***Рис. 11.3** — Поперечные профили насыпи с геопенопластом «Стайрофом» (окончание)*

12. Водоотводные сооружения

12.1. В зависимости от рельефа, гидрологических, гидрогеологических и мерзлотно-грунтовых условий поверхностные и грунтовые надмерзлотные воды от дорожного полотна отводят с помощью боковых водоотводных канав (рис. 12.1) и лотков, нагорных мерзлотных валиков, приоткосных берм и водонепроницаемых замков с нагорными канавами или поперечных канав.

В I_3 ДКЗ с островной высокотемпературной несливающейся вечной мерзлотой допускают при соответствующем технико-экономическом обосновании проектирование дренажей для отвода грунтовых вод с геопенопластом «Стайрофом».

12.2. Размеры водоотводных сооружений назначают по гидравлическому расчёту, учитывая приток и глубину залегания вод, площадь осушаемой территории и её инженерно-гидрогеологические условия. Форму поперечного сечения канав принимают такой, чтобы обеспечить механизированное производство работ и устойчивость откосов. Дно и откосы канав (кюветов) укрепляют одиночным или двойным слоем луговой или тундровой дернины, камнем или бетонными плитами (рис.12.1). Если скорость течения воды превышает допустимую для соответствующих типов укрепления (3 *м/с* и более), необходимо предусматривать перепады, быстротоки или водобойные колодцы. На участках с подземными льдами, а также с сильнольдонасыщенными грунтами, рекомендуется применять геопенопласт «Стайрофом» толщиной 0,1 *м* и более.

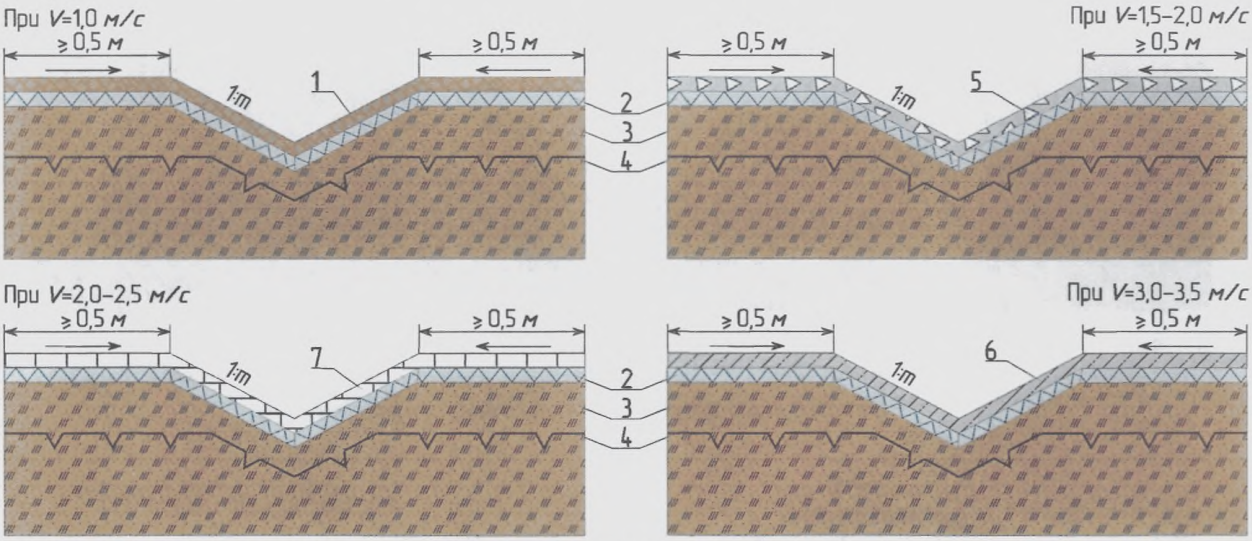
12.3. Нагорные валики располагают более 20 *п.м* от подошвы насыпи. Высоту их назначают с обязательным превышением максимального расчётного уровня воды на 0,25 *м*. Во всех случаях высота валика должна быть более 0,6 *м*, а ширина по верху более 1 *п.м*. Валики отсыпаются из глинистых грунтов с геопенопластом «Стайрофом» в основании. Откос валика и полосу вдоль его подо-

швы на ширину 1 *п.м* с нагорной стороны укрепляют гравием. На участках с наличием потока грунтовых вод водоотводные устройства проектируют в комплексе с противоналедными мероприятиями (рис. 13.1).

12.4. На косогорных участках с большой водосборной площадью или сильными снежными заносами проектируют водоотвод, при этом уклоны дна канав принимают более 3‰, а в выемках — более 5‰.

12.5. Степень возможного воздействия наледи на движение транспортных средств и устойчивость дорожных сооружений выявляют в зависимости от типа наледи, её размеров, длительности действия, места формирования и отложения относительно проектируемого или ограждаемого объекта.

12.6. Расчётные значения параметров природных наледей поверхностных и грунтовых вод определяют по данным разовых замеров при изысканиях. Значения параметров природных наледей подземных вод и наледей, вызванных строительством в результате изменения естественных условий и ледотермического режима поверхностных и подземных вод, определяют расчётом по ВСН 210-91 (прил. 3).



1 — мохоторф; 2 — геопенопласт «Стайрофом»; 3 — грунт естественный; 4 — линия ВГММГ; 5 — смесь песчано-щебёночная; 6 — железобетон; 7 — тротуарная плитка.

***Рис. 12.1**— Поперечные сечения водоотводных канав с геопенопластом «Стайрофом»*

13. Земляное полотно на наледных участках в районах ВМГ

13.1 Земляное полотно совместно с противоналедными устройствами (земляные валы или заборы, буровзрывной дренаж, теплоаккумулирующие полости и др.) проектируют на участках действующих ключевых наледей, когда можно каптировать источники и отвести их по утеплённым лоткам и канавам за пределы земляного полотна, а также на участках грунтовых наледей объёмом до 10000 $м^3$, образующихся в пологих (уклон менее 20‰) и широких логах (рис. 13.1).

13.2. Валы проектируют на основании с удалением растительного и торфяного покрова, а откос нижней части вала укрепляют. Высота укрепления откоса должна быть выше расчётного горизонта воды более чем на 0,2 *м*.

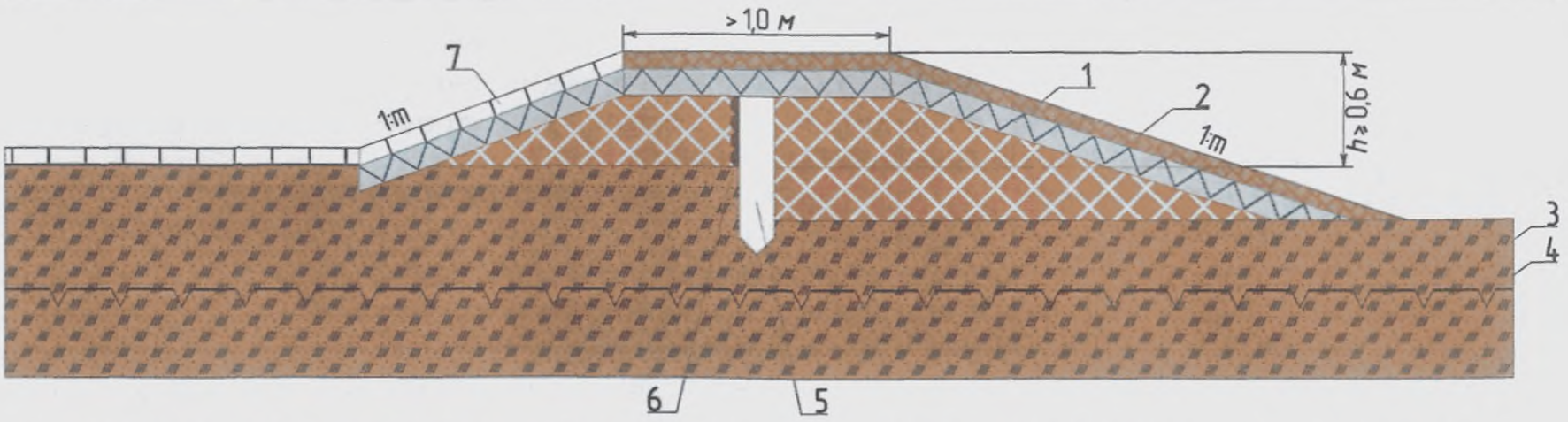
13.3. На участках прогнозируемых наледей в районах глубокого сезонного промерзания и островного распространения вечномёрзлых грунтов земляное полотно проектируют с таким расчётом, чтобы глубина промерзания под насыпью была менее промерзания грунтов в естественных условиях.

13.4. В районах сплошного распространения вечномёрзлых грунтов земляное полотно проектируют совместно с мерзлотным грунтовым поясом или с водонепроницаемым экраном, активизирующими наледный процесс в удалении от полотна дороги.

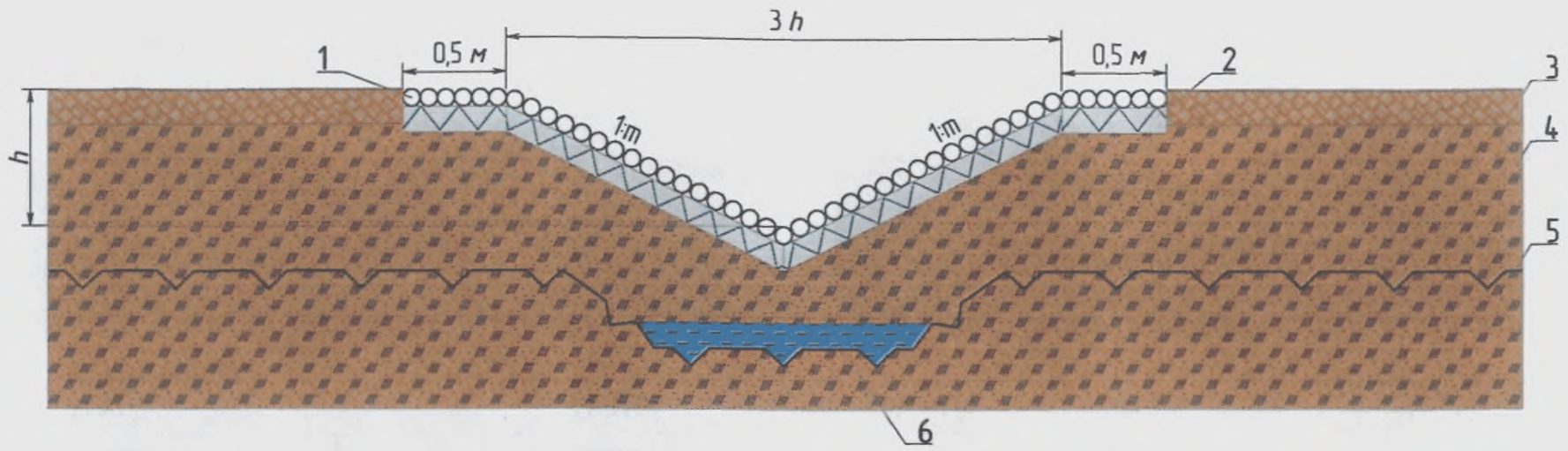
13.5. При вскрытии водоносных слоёв выемками перехват и отвод грунтовых и надмерзлотных вод осуществляют глубокими полуоткрытыми лотками и удерживают наледь выше по склону. Когда применение указанных мероприятий затруднено или экономически нецелесообразно, предусматривают уширение выемок и устройство противоналедных заборов.

13.6. На участках природных наледей, образующихся по руслам водотоков, проектируют мосты и трубы совместно с утеплёнными лотками (рис. 13.2).

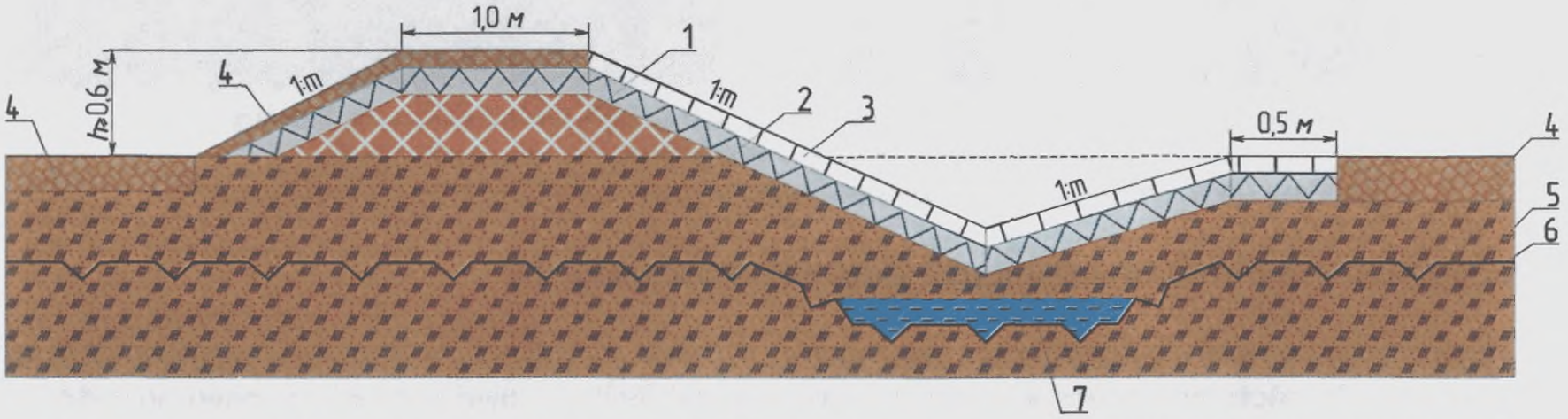
13.7. Безналедный пропуск водотоков осуществляют с применением утеплённых лотков при чётко выраженном, сконцентрированном в одном месте



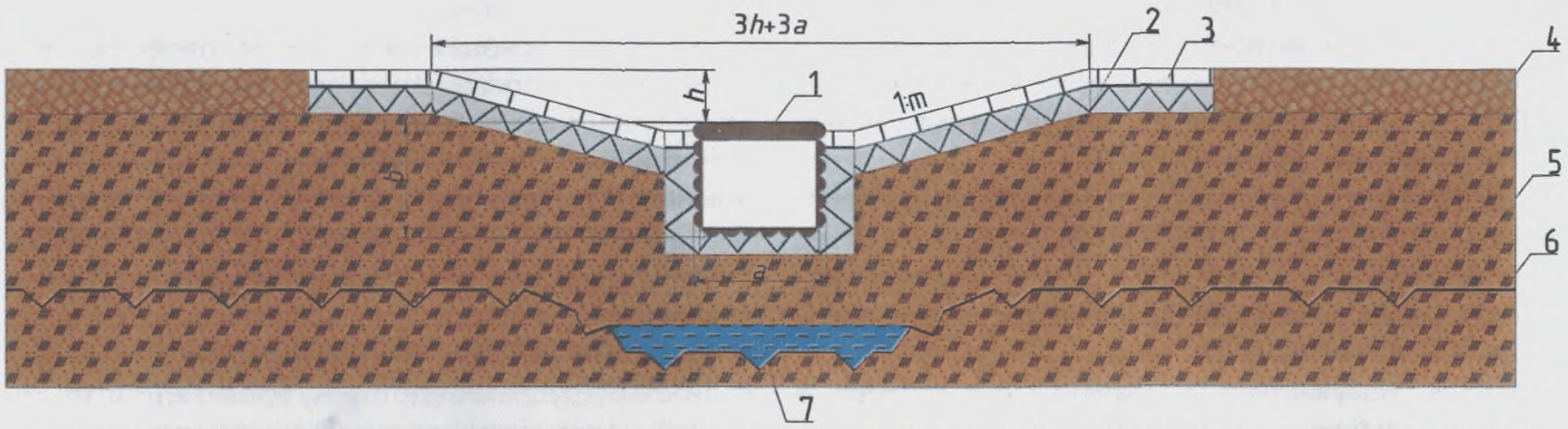
1 — геопенопласт «Стайрофом»; 2 — мохоторф; 3 — грунт естественный; 4 — линия ВГММГ; 5 — деревянный столбик; 6 — жерди; 7 — тротуарная плитка; h — высота мерзлотного валика; m — величина заложения откоса валика



1 — жерди; 2 — геопенопласт «Стайрофом»; 3 — мохоторф; 4 — грунт естественный; 5 — линия ВГММГ; 6 — вода; h — глубина водоотводной канавы; m — заложение откоса канавы

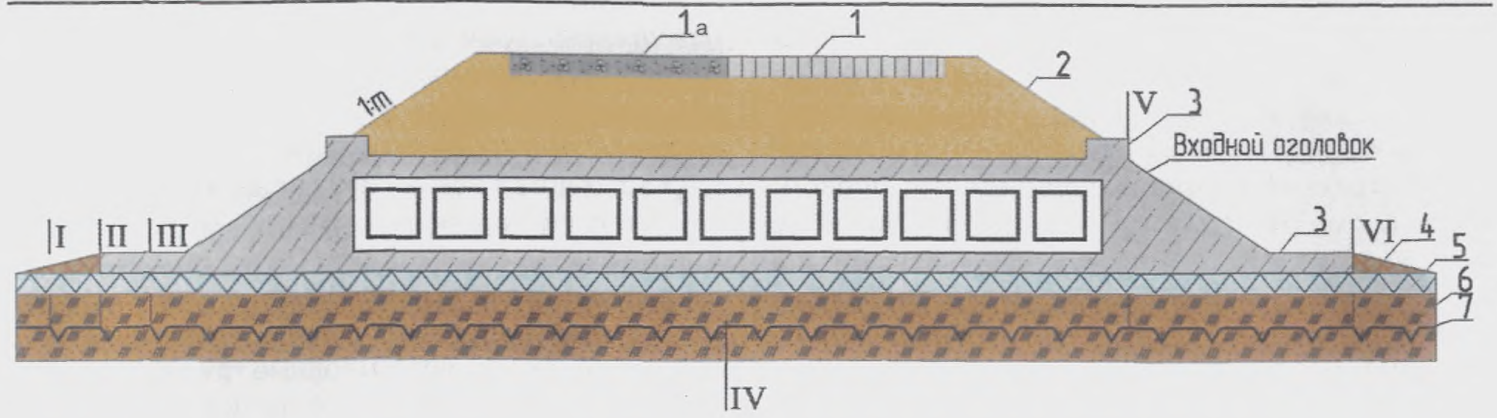


1 — грунт насыпной; 2 — геопенопласт «Стайрофом»; 3 — тротуарная плитка; 4 — мохоторф; 5 — грунт естественный; 6 — линия ВГММГ; 7 — вода; h — высота мерзлотного валика; m — заложение откосов мерзлотного валика и канавы

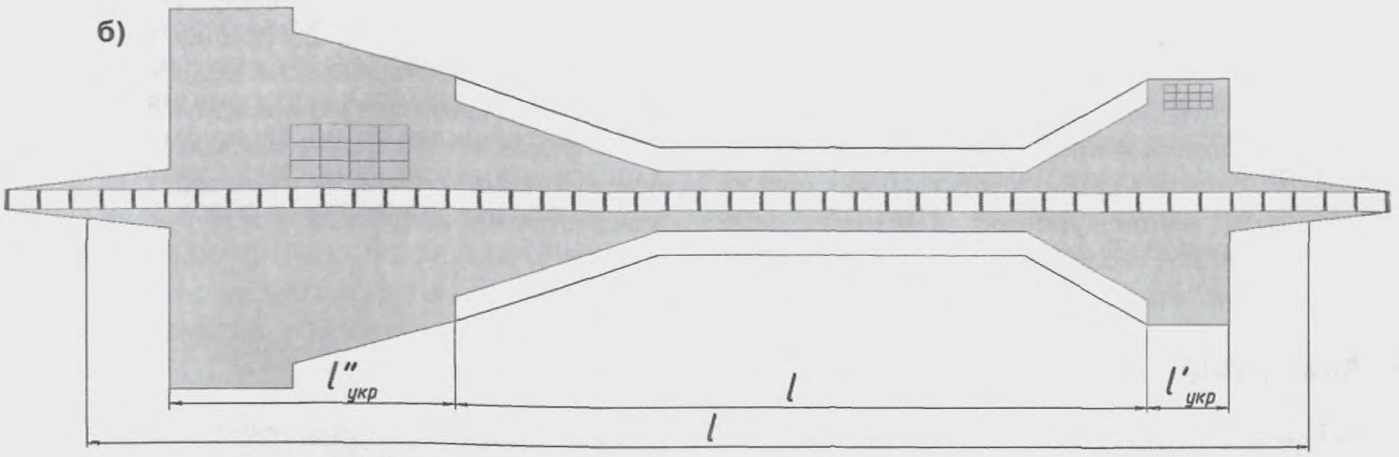


1 — деревянный лоток; 2 — геопенопласт «Стайрофом»; 3 — тротуарная плитка; 4 — мохоторф; 5 — грунт естественный; 6 — линия ВГММГ; a — шиирина канавы; b — глубина лотка; h — глубина водоотводной канавы; m — заложение откоса канавы

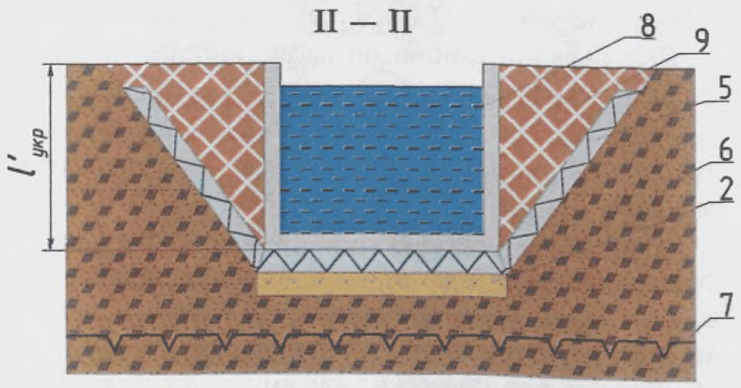
Рис. 13.1 *— Конструкции нагорных валиков и канав с геопенопластом «Стайрофом»*



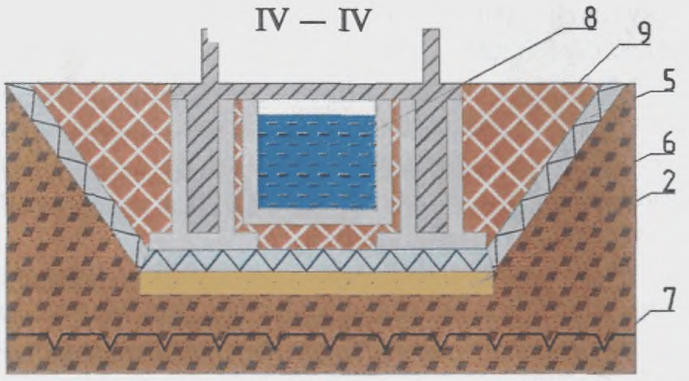
б)



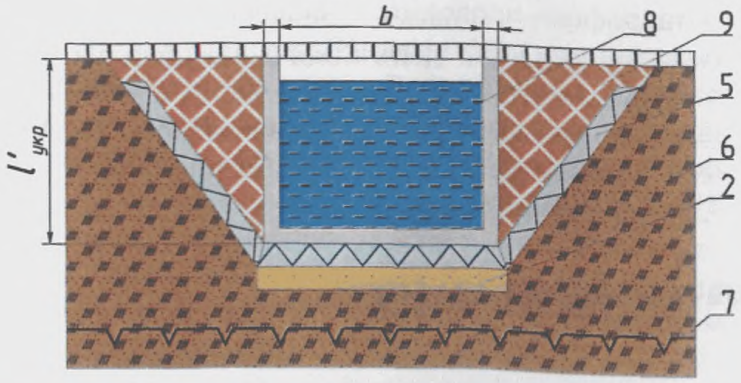
II — II



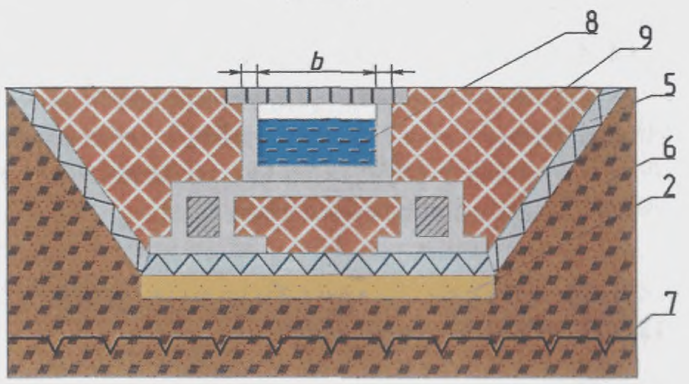
IV — IV



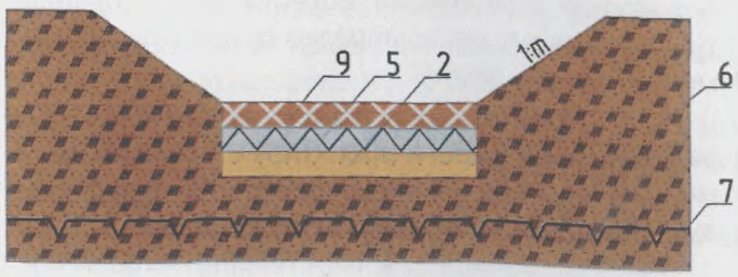
III — III



V — V



I — I и VI — VI



а) продольный разрез; б) план (засыпка и плиты перекрытия не показаны); 1 — асфальтобетон; 1а — бетон; 2 — песок; 3 — железобетон; 4 — мохоторф; 5 — геопенопласт «Стайрофом» ; 6 — грунт естественный; 7 — линия ВГММГ; 8 — вода; 9 — грунт насыпной.

***Рис. 13.2** — Схема пропуска наледного водотока в утеплённом лотке через бетонную прямоугольную трубу*

наледном источнике с температурой воды выше +3 °С и незначительном его удалении от сооружения. Толщину утепления лотков устанавливают теплотехническим расчётом, но равное 0,1 *м* или более.

Постоянный противоналедный лоток проектируют совместно с мостом или трубой. Лоток может устраиваться с заглублением в грунт или на его поверхности. Длину лотка принимают равной ширине моста или длине трубы, но более 25—30 *п.м*.

13.8. Трубы на участках прогнозируемых наледей проектируют с облегчёнными или свайными фундаментами, предусматривая теплоизолирующие подушки, чтобы глубина промерзания грунта под фундаментом не превышала промерзания грунтов в естественных условиях. Подошва фундамента (теплоизолирующей подушки) трубы должна располагаться выше уровня грунтовых или надмерзлотных вод. Если это условие выполнить невозможно, проектируют мосты с увеличенными отверстиями или (при соответствующих технико-экономических обоснованиях) трубы и мосты с дренажно-каптажными устройствами.

13.9. Каптаж совместно с дренажом применяют при наличии источников подземных вод, выходящих на склоне выше дороги. Он может состоять из одного или нескольких колодцев, а также из коротких галерей, канав или лотков и отводных устройств. Колодцы и водоотводные трубы утепляют, а трубы закладывают в нижней трети глубины сезонного промерзания грунта в естественных условиях.

13.10. Свайно-эстакадные мосты проектируют на постоянно действующих малых и средних водотоках, предусматривая мероприятия, компенсирующие нарушенные строительством мерзлотно-гидрологические условия (устройство теплоизолирующих подушек, накопление снега, углубление русел и т. п.).

14. Конструкции дорожных одежд

14.1. Дорожные одежды нежёсткого и жёсткого типов конструируют и рассчитывают, руководствуясь СНиПом 2.05.02-85, ВСН 197-97 и ОДН 218.0.084-2006.

14.2. Применяя щебёночно-гравийно-песчаные смеси, щебёночные материалы и другие грунты, расчёт коэффициента теплопроводности материала принимают по геологическим изысканиям или по ВСН 197-97 (прил. Г).

14.3. При расчёте дорожных одежд с щебёночными слоями, укреплённых вяжущими и со слоями из материалов, способных к самоомоноличиванию, расчётные значения модуля упругости и предела прочности на растяжение при изгибе принимают по ОДН.

14.4. Материалы для устройства покрытий, несущих и дополнительных слоёв оснований дорожной одежды должны удовлетворять требованиям соответствующих ГОСТу, СНиПу, техническим условиям и настоящего документа.

14.5. Первый слой дорожной одежды над плитами геопенопласта «Стайрофом» из песка или щебня должен быть более 0,2 *м* в уплотнённом состоянии.

При укладке щебня на геопенопласт «Стайрофом» увеличивается толщина геопенопласта «Стайрофом» на 10 *мм*, и также увеличивается толщина геопенопласта «Стайрофом», если он укладывается на щебень.

14.6. Термоизоляция геопенопластом «Стайрофом» трубопроводов, водопропускных труб и подземных переходов под дорогами (пешеходные и велосипедные тоннели и т.п.) может быть также необходимой для снижения пучения или осадки дорожной одежды. Расчёт толщины геопенопласта «Стайрофом» проводится «численными методами» по методике МГУ и ЦНИИС толщина должна быть равна 0,1 *м* или более. В данных конструкциях прочностные характеристики геопенопласта «Стайрофом» должны быть равны 500 *кПа* или более при 10% деформации.

15. Пересечения автомобильных дорог с горячими трубопроводами, газо- и нефтепроводами

15.1 Пересечения автомобильных дорог с горячими трубопроводами всех диаметров и назначений должны осуществляться подземным способом с соблюдением общих требований, регламентируемых СНиПом 2.05.06-85 или другими нормативными документами.

15.2. Пересечения, как правило, следует предусматривать на участках, сложенных непросадочными и слабопросадочными грунтами. Для участков с другими грунтами в проектах пересечений необходимо предусматривать комплекс инженерных мероприятий, направленных на обеспечение устойчивости земляного полотна и максимально возможное сохранение естественного температурного режима вечномёрзлых грунтов под горячими трубопроводами.

15.3. В месте пересечения земляное полотно автомобильной дороги проектируют в нулевых отметках, в выемках и в насыпях, а трубопровод следует прокладывать подземным способом.

15.4. Угол пересечения автомобильной дороги с трубопроводом должен составлять 85—90°.

На участках, сложенных просадочными и сильнопросадочными грунтами, трубопровод надлежит укладывать в зимний период с заменой грунтов в основании непросадочными грунтами на глубину их сезонного оттаивания. В целях уменьшения зоны оттаивания применяют геопенопласт «Стайрофом» под трубой на песчаной подсыпке толщиной более 0,2 *м* (рис.15.1).

15.5. Толщина теплоизолирующего слоя из геопенопласта «Стайрофом» должна составлять более 0,1 *м* (рис. 15.2 а, б). Его следует укладывать на всю ширину траншеи, которую назначают согласно СНиПу 2.05.06-85. Во всех случаях ширина траншеи должна быть более полуторного поперечного габарита механизмов, уплотняющих и разравнивающих укладываемый грунт.

15.6. Для засыпки траншеи следует применять грунты с устойчивой структурой, большой объёмной массой, высоким коэффициентом фильтрации. При их отсутствии траншеи необходимо засыпать грунтом, из которого возведено земляное полотно автомобильной дороги. Грунт засыпки над верхней образующей трубопровода должен иметь тот же коэффициент уплотнения, что и грунт в нижней части насыпи. Засыпку траншеи грунтом и его уплотнение следует осуществлять до заполнения трубопровода продуктами.

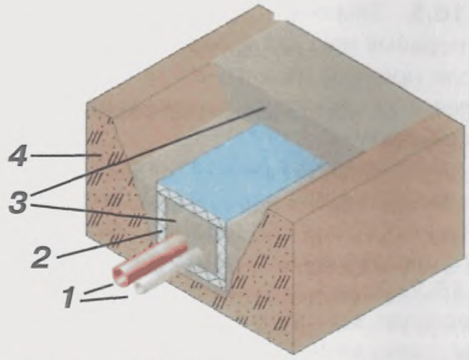
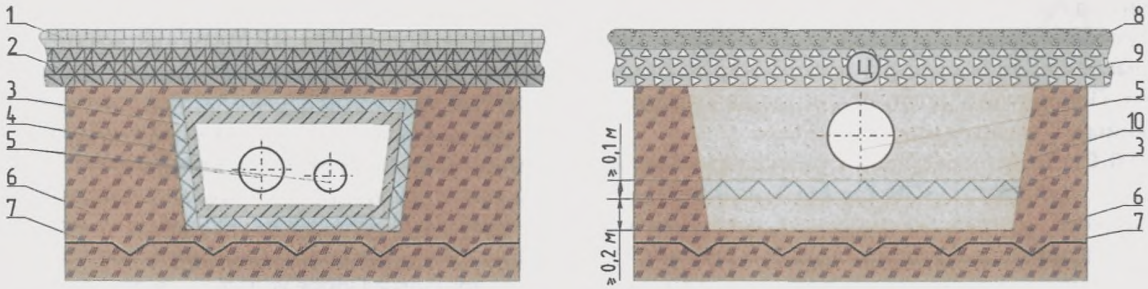


***Рис. 15.1** — Коробчатая изоляция без лотка.*
1 — трубы; 2 — геопенопласт «Стайрофом»;
3 – щебень (ПГС); 4 — грунт естественный



1 — асфальтобетон двухслойный; 2 — щебень, уложенный по способу заклинки;
3 — геопенопласт «Стайрофом» ; 4 — железобетон; 5 — трубопровод; 6 — грунт естественный;
7 — линия ВГММГ; 8 — цементобетон; 9 — песчано-щебёночная смесь, укреплённая цементом; 10 — песок.
***Рис. 15.2.а,б** — Пересечение трубопроводов с автомобильными дорогами*

16. Основные положения по организации работ

16.1. Проект производства работ должен содержать детально разработанные, отвечающие местным условиям указания по технологии строительства и времени года проведения работ с учётом принятых принципов проектирования. На участках, где земляное полотно запроектировано по **первому** принципу, запрещается даже частичное перенесение отдельных видов и этапов работ на последующие сроки, не предусмотренные проектом. Изменения, возникающие в процессе строительства, могут быть допущены после согласования с организацией, разработавшей проект, и только по разрешению учреждений, утвердивших проект.

При выполнении строительно-монтажных работ геопенопласт «Стайрофом» укладывают при отрицательной температуре грунта, только в исключительных случаях допускают выполнение работы при положительной температуре грунта.

16.2. Более чем за год до начала основных работ следует расчистить дорожную полосу от леса и кустарника, снять мохорастительный покров и устроить водоотводные канавы. Водоотводные сооружения, за исключением лотков, полулотков и дренажей в выемках, должны быть построены до начала основных земляных работ.

16.3. Мерзлотные валики на косогорных участках устраивают осенью, после промерзания грунта основания на 0,3 *м*, а геопенопласт «Стайрофом» укладывают на откосах после слияния горизонта деятельного слоя с ВГММГ.

16.4. Нагорные и водоотводные канавы устраивают в весенний период по мере оттаивания грунта, одновременно с расчисткой резервов или зимой взрывным способом (до расчистки резервов). Возможно устройство канав осенью после промерзания грунта на глубину 150 *мм*, но геопенопласт «Стайрофом» укладывают после слияния горизонта деятельного слоя с ВГММГ.

16.5. Земляное полотно, запроектированное по первому принципу, возводят в осенний период после промерзания грунта основания на глубину более 0,5 *м*, после чего укладывают геопенопласт «Стайрофом».

16.6. Земляное полотно, запроектированное по второму принципу, возводят в зимний период после слияния горизонта деятельного слоя с ВГММГ, только потом укладывают геопенопласт «Стайрофом».

16.7. До укладки геопенопласта «Стайрофом» в дорожную конструкцию необходимо выполнить подготовку земляного полотна, т.е. обеспечить водоотвод с поверхности земляного полотна, а также подготовить подъезд для завоза строительных материалов.

Земляное полотно должно быть спланировано и уплотнено в соответствии с действующими нормативами. Если требуемого уплотнения в рабочем слое достичь невозможно, то должны быть выполнены специальные указания проекта. Водоотвод с поверхности земляного полотна должен быть осуществлен до начала отсыпки выравнивающего слоя под геопенопласт «Стайрофом». При соответствующем технико-экономическом обосновании применяют дренирующую прослойку, из геотекстиля. Поперечный уклон дренирующей прослойки принимают равным или более 20‰.

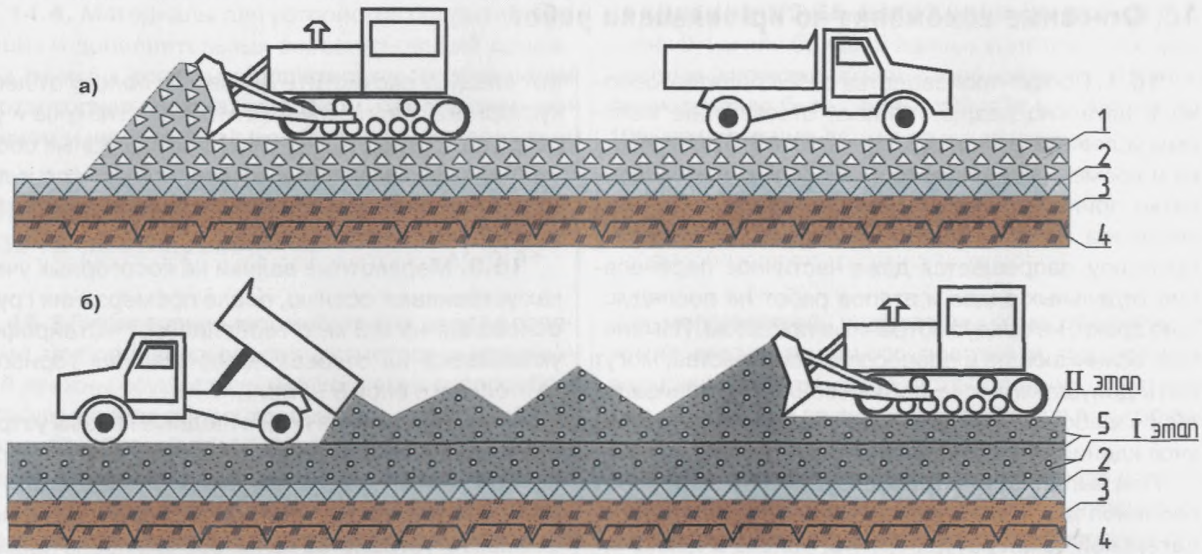
16.8. Чтобы обеспечить равномерное опирание геопенопласта «Стайрофом» на поверхность земляного полотна, как правило, устраивают выравнивающий слой из песка толщиной 50—100 *мм*. Допускается укладка геопенопласта «Стайрофом» на щебень или грунт.

16.9. Плиты геопенопласта «Стайрофом» укладывают вручную, располагая их длинной стороной вдоль дороги. Плиты укладывают так, чтобы поперечные швы в соседних рядах плит располагались вразбежку, т.е. в одной точке не должны соединяться 4 плиты.

При двухъярусном теплоизолирующем слое швы нижележащего ряда плит необходимо перекрывать вышележащими плитами. Уложенные плиты закрепляют деревянными или металлическими стержнями диаметром 6—8 *мм*, и длиной 10 *см* плюс толщина теплоизоляции. Стержни забивают в геопенопласт «Стайрофом» заподлицо. Каждая плита крайнего ряда должна быть закреплена двумя стержнями или более. Плиты крайних рядов допускается закреплять, забивая стержни рядом с плитой, но заподлицо с верхом плиты.

16.10. Земляное полотно по геопенопласту «Стайрофом» отсыпают на полный профиль одностадийно или в две стадии. При двухстадийном возведении земляного полотна насыпь первой стадии отсыпают в осенне-зимний период на промёрзшее основание, а досыпают до проектной отметки (вторая стадия) в весенне-летний период с обязательным окончанием работ в сроки, устанавливаемые расчётом. Для обеспечения проектной скорости движения транспортных средств верхнюю часть земляного полотна по геопенопласту «Стайрофом» на первой стадии отсыпают на высоту более 0,25 м из карьерной мелочи, разравнивая грунт бульдозерами и автогрейдерами (рис. 16.1).

При использовании построечной техники с диаметром следа заднего колеса более 37 *см* и при среднем давлении от заднего колеса более 0,6 *МПа* следует выполнить расчёт необходимой толщины защитного слоя над геопенопластом «Стайрофом». После уплотнения этого слоя виброкатком весом 14—17 *т* по нему допускается пропуск построечного транспорта. Виброкаток со статической линейной нагрузкой больше 25 *кН/м* нельзя использовать при уплотнении слоя менее 0,5 *м*, прилежащего к геопенопласту «Стайрофом».



а) по способу «от себя»; б) «продольным» способом; 1 — песчано-щебёночная смесь; 2 —геопенопласт «Стайрофом»; 3 — грунт естественный; 4 — линия ВГММГ; 5 — песчано-гравийная смесь.

***Рис. 16.1** — Возведение земляного полотна по геопенопласту «Стайрофом» из привозных грунтов*

17. О строительстве дорожных одежд

17.1. Асфальтобетонные монолитные и цементобетонные дорожные покрытия, а также основания и дополнительные слои основания устраивают, руководствуясь требованиями СНиПа 3.06.03-85.

17.2. Сборные железобетонные покрытия при положительных и отрицательных температурах укладывают на выравнивающий слой из сухого песка согласно требованиям СНиП 3.06.03-85. Стыки плит омоноличивают и швы заполняют в тёплый период года после окончательной посадки плит.

17.3. Дорожные покрытия и основания из материалов, способных к самоомоноличиванию, из грунтов и щебёночно-гравийно-песчаных смесей, а также из щебня (гравия), обработанных на всю толщину слоя или только верхней части слоя вяжущими II и III видов, устраивают при температуре выше 0 °С. При температуре ниже 0 °С работы производят согласно пп. 8.15-8.23 СНиПу 3.06.03-85.

18. Теплотехнический расчёт для геопенопласта «Стайрофом»

18.1. Устойчивость насыпи обеспечивается при соблюдении условия:

$$S_ф = l_o h_{г.о} \leqslant S_{доп}, \qquad (18.1)$$

где:

$S_ф$ —максимальная расчётная (ожидаемая) осадка, *см*;

l_o — относительная (в долях единицы) осадка грунта основания насыпи после его оттаивания под нагрузкой;

$h_{г.о}$ — глубина оттаивания грунта под насыпью, *см*;

$S_{доп}$ — допустимая для данного типа покрытия общая осадка, *см*.

18.2. При проектировании по второму и третьему принципам ориентировочные величины допустимой осадки могут быть приняты по табл. 18.1.

18.3. При проектировании по первому принципу осадки естественного основания в процессе эксплуатации дороги запрещаются.

18.4. Применяя в дорожной конструкции термоизоляцию из геопенопласта «Стайрофом», определяем её толщину по формуле:

$$t_w = R_w \cdot \lambda, \qquad (18.2)$$

где:

R_w — термическое сопротивление теплоизоляции, *м²·°С/Вт*, определяемое по номограмме (рис. 18.2) в зависимости от критерия A и допускаемой толщины протаивания под теплоизоляцией t_t, *м*;

λ — коэффициент теплопроводности геопенопласта «Стайрофом» , *Вт/(м·°С)*.

18.5. Среднемесячные температуры t_{mp} поверхности покрытия за период оттаивания покрытия и его основания следует определять в соответствии с п. 3, прил. 6 СНиПа 2.05.08-85.

$$A = \frac{| \theta_m \cdot \tau_t |}{| \theta \cdot \tau_r |}, \qquad (18.3)$$

где:

θ_m — среднепериодичная для процесса оттаивания температура поверхности покрытия, °С (рис. 18.1);

τ_t — продолжительность периода оттаивания (периода положительной температуры поверхности покрытия), *ч*;

θ — температура грунта на уровне её нулевых годовых амплитуд, °С;

τ_r – продолжительность года, равная 8760 *ч*.

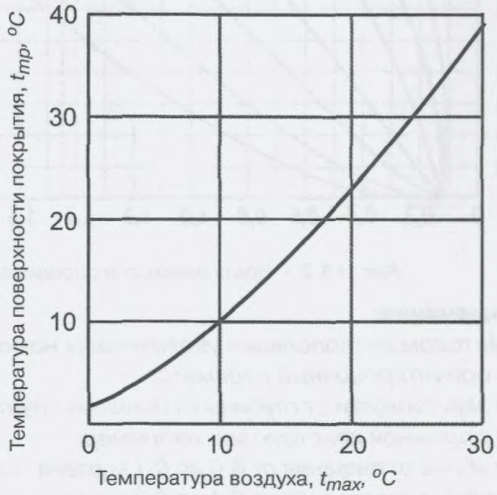


***Рис. 18.1** – Среднемесячные температуры поверхности покрытий*

Таблица 18.1 – Допустимая осадка основания

Тип покрытия	Допустимая суммарная осадка основания и нестабильных слоёв насыпи в период эксплуатации, *см*, при толщине стабильных слоёв	
	0,5 *м*	1,0 *м*
Цементнобетонное монолитное (сборные ж/б плиты)	2	4
Асфальтобетонное I, II и III марки	4	8
Облегчённое усовершенствованное	6	12
Переходное и низшее	8	16

***Примечание** – Таблица 25 из СНиПа 2.05.02-85.*

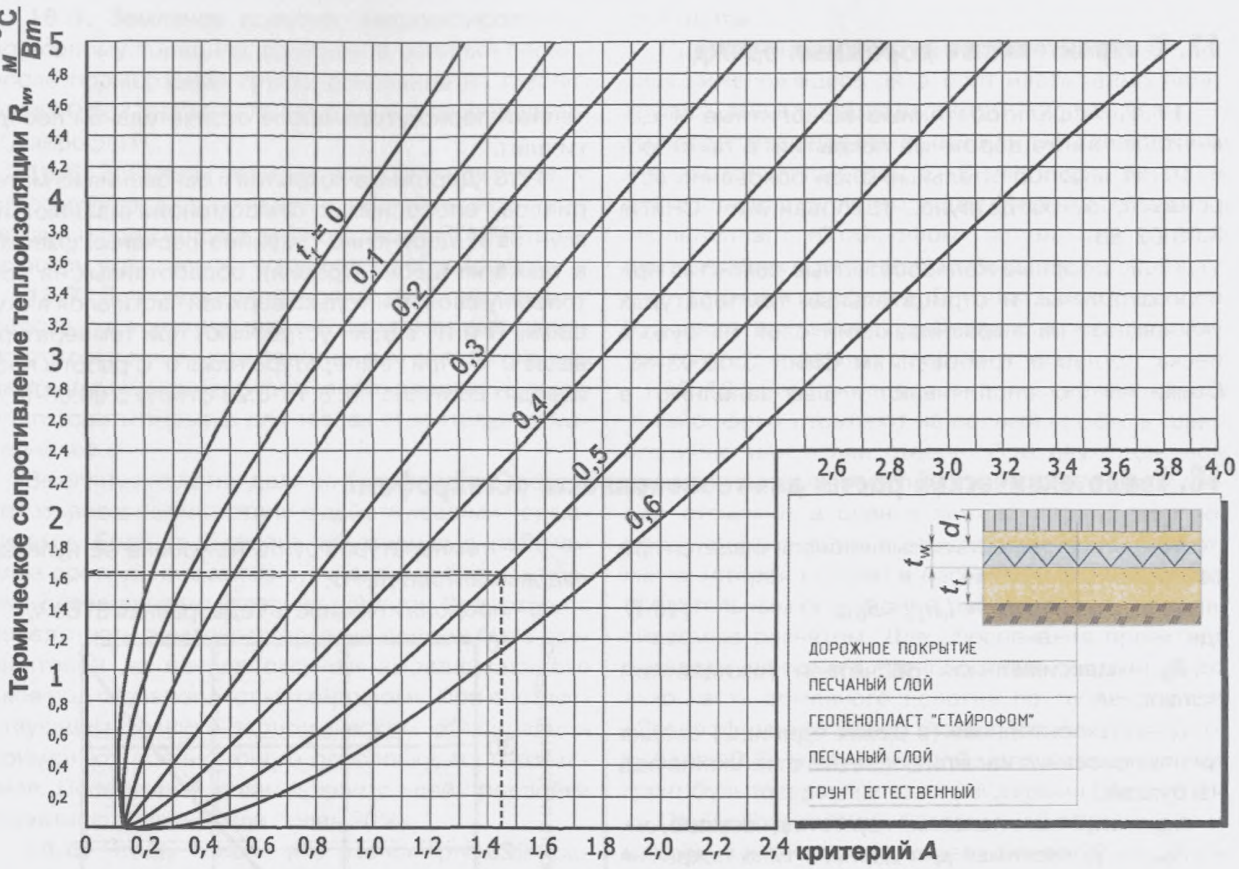


***Рис. 18.2** — Номограмма для определения термического сопротивления теплоизоляции*

Примечания:

1. Методом интерполяции увеличиваем номограмму критерия «А» от 3,0 до 4,0, но эти данные будут давать ориентировочный параметр.

2. В зависимости от глубины оттаивания грунта под геопенопластом «Стайрофом» будет происходить осадка дорожной конструкции, например:

1) глубина оттаивания от 0,0 до 0,1 м равна осадке 0 см;

2) глубина оттаивания от 0,1 до 0,2 м равна осадке 1 см;

3) глубина оттаивания от 0,2 до 0,3 м равна осадке 2 см;

4) глубина оттаивания от 0,3 до 0,4 м равна осадке 3 см;

5) глубина оттаивания от 0,4 до 0,5 м равна осадке 4 см;

6) глубина оттаивания от 0,5 до 0,6 м равна осадке 5 см.

19. Контроль за качеством производства и приёмка работ

19.1. Контроль за качеством производства всех видов работ осуществляют, руководствуясь соответствующими главами СНиПа 3.06.03-85, ТУ 2244-001-42809359-02 и данными «Методических рекомендаций».

19.2. При сооружении земляного полотна, запроектированного по **первому принципу**, контролируют соблюдение сроков строительства, предусмотренных проектом производства работ.

19.3. При сооружении земляного полотна, запроектированного по **второму принципу**, контролируют соблюдение сроков выполнения подготовительных работ (устройство водоотводных канав и расчистка резервов за год до начала основных земляных работ), а также послойное уплотнение грунтов до требуемой плотности.

19.4. Контроль за качеством работ при строительстве покрытий (оснований) из материалов, обработанных органическими вяжущими, осуществляют, руководствуясь положениями ГОСТов, ВСН 93-73 и ВСН 123-77.

19.5. При неблагоприятных результатах освидетельствования, когда комиссией установлены значительные расхождения между фактическими и проектными характеристиками качества и временем производства работ, окончательное решение должно быть принято с участием проектной организации.

20. Охрана окружающей среды

20.1. Вопросы охраны окружающей среды при строительстве дорог в зоне вечной мерзлоты должны быть увязаны с решением следующих задач:

- назначение конструкций и технологии возведения земляного полотна;
- рекультивация нарушенных техногенным воздействием территорий.

20.2. В принятом варианте проложения трассы должно быть предусмотрено обеспечение сохранности путей миграции и мест жизнеобитания (пастбища, озёра, реки и т.п.) диких животных и птиц, а для рыбы — мест нереста и жировок (питания).

20.3. Строительную площадку необходимо выравнивать в начале зимы после промерзания грунта основания на глубину 0,3—0,4 *м*, а при необходимости подсыпать грунт для обеспечения продвижения транспорта и механизмов без нарушения поверхности. Если высота снежного покрова менее 0,2 *м*, то, во избежание нарушения мохорастительного покрова на площадке снег следует уплотнить.

20.4. Карьеры, резервы и другие временно отведённые под застройку территории после окончания работ должны быть рекультивированы. Необходимо демонтировать все временные сооружения, убрать мусор, в том числе остатки лесопокала, выровнять поверхность и распределить на обнажённых участках дерновомоховой слой, посеять траву или провести биологическое закрепление слоя (гидропосев, посадка деревьев и кустарника в сочетании с известкованием, внесением минеральных и органических удобрений).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А (обязательное)
«ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ»

Карта П.А.1 — Дорожно-климатическое районирование

Таблица П.А.1 — Дорожно-климатическое районирование

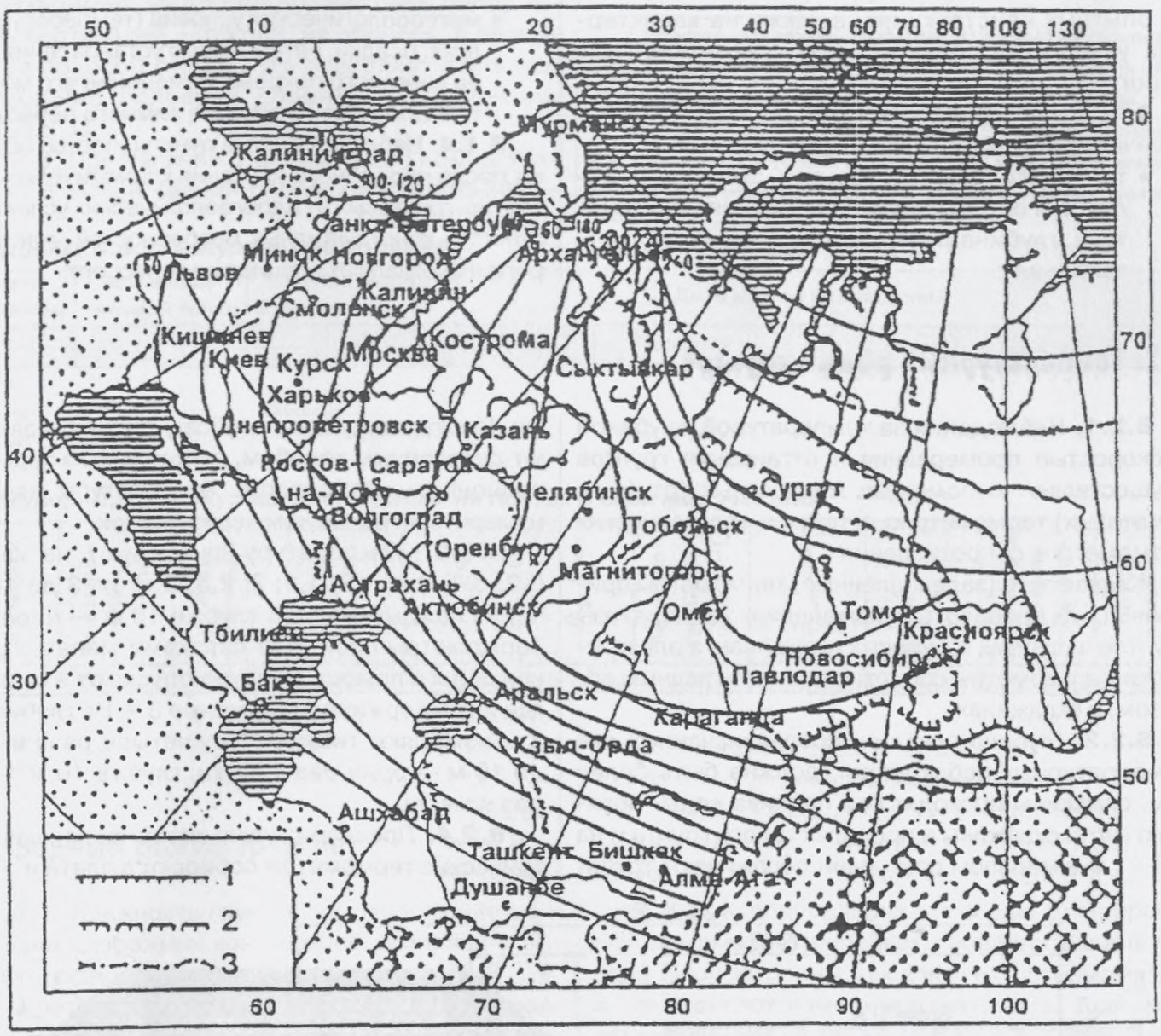
Дорожно-климатическая зона и подзона	Примерные географические границы
1	2
I_1	**Северная подзона ВМГ:** Снежногорск — Индига — Нарьян-Мар — Воркута — Салехард — Надым — Уренгой — Игарка — Норильск — Оленёк — Кыстатыам — Джаргалах — Хатынгнах — Тысы-Кыл — Тополиное — г. Вершина-Туойдах — Угловой — Соболох — г. Победа — г. Чубука-Тала — Сейчан — Ороек — г. Чубукулах — Берёзовка — Олойская мет. ст. — г. Снежная — г. Машук (отметка г.1766 *м*) — г. Ледяная — южнее п. Беринговский (берег Анадырского залива).
I_2	**Центральная подзона ВМГ:** о. Кильдин — Североморск — восточнее Мурманска — Кильдинстрой — Ревда — Краснощелье — Сосновка — Майда — Мезень — Сафоново — Хабариха — Усинск — Саранпауль — Овгорт — Игрим — Перегребное — Ноябрьск — Вынгапуровский — Сым — Ярцево — Суворовский — Енгида — Непа — Хамра — Воронцовка — оз. Байкал — Усть-Баргузин — оз. Котокельское — п. Югово — гос. границы России с Монголией. Вдоль госграницы с Монголией на восток — Гавань — Хапчеранга — Курорт-Дарасун — Карымское — Кумахты — Новодоронинска — Маккавеевка — Кучегер — Кыкер — Аносовский — Зея — Нелькан — Аллах-Юнь — г. Мус-Хая — г. Харан — Усть-Омчуга — хр. Ичигемский (до отм. 1465 *м*) — Аянка — г. Машук (отм. 1461 м) — Чуванское. С севера ограничена первой подзоной.
I_3	**Южная подзона ВМГ:** от гос. границы с Финляндией (р. Лотта) — оз. Гирвас — Кандалакша — Оленица — Пялица (берег Белого моря). Това — Патракеевка — Кузомень — Труфаново — Олема — Вожгора — Том — Вуктыл — Усть-Унья — Вая — Ивдель — Кондинское — Демьянское — Назино — Предивинск — Таёжный — Зеленогорск — Бородино — Нарва — Бол. Унгут — Урман — Романовка — Краснокаменск — Кедрово — Петропавловка — Жаровск — Субботино — Сизая — Майна — Табата — Бол. Монок — Таштып — Матур — Чарков — Бородино — Бол. Ербы — Джирим — Светлолобово — Чистое Поле — Балахты-Ровное — Ужур — Парная — Горячегорск — Берекульский — Кундат — Междуреченск — Усть-Анзас — Горная Шория-Сензас — Усть-Кабырзы — Мрас-Су — Артыбаш — Каракокши — Камлака — Манжерок — Белокуриха — Карпово — Солонешное — Рожки-Алексеевка — Чарышское — Тулата — Усть-Ионыш — граница с Казахстаном. Вдоль госграницы с Монголией и с Китаем вдоль реки Амур. От госграницы — Новостепановки — Свободный — Серышево — Архара — Облучье — Радде — Хинганск — Кюльдур — Кукан — Наумовка — Комсомольска-на-Амуре — Солнечный — Киселёвка — Дуди — Ухта — Октябрьский — Удинск — Чля — Белая Гора — Инокентьевка — Николаевск-на-Амуре — Пуир. Золотой — Арсеньево — Высокогорный — Кенады — Тулучи-Агзу — Максимовка — Сихотэ-Алинский запов. — Дальнегорск — Краснореченский — Хрустальный — Рудный — Фурманова — Лазо — Верх. Бреевки — Извилинка — Булыга-Фадеева — Чугуевка — Антоновка — Заветное — Дерсу — Дальнего Кута — Сукпай. **О. Сахалин** — Погиби — Чингай — Береговые Лангры. Луполова — Лангры — зал. Байкал. От зал. Пильтун — Тунгора — Восточный — Эхаби — г. Оха — побережье Охотского моря южнее Колендо. П-ов Шмидта: от зал. Поморье — хр. Западный, хр. Восточный. От зал.Чайво — Гаромай — Пильтун — зал. Пильтун. Ноглики — Катангли — Охотское море зал. Луньский. От зал. Луньский — побережье Охотского моря. **П-ов Камчатка:** Крутогоровский — Хайрюзово — Тигиль — Воямполка — Палана — по хр. Срединный — оз. Глубокое — Ичинская Сопка — сопка Хангар — по восточным отрогам хр. Малкинский — Пущино — Шаромы — г. Гребень — м. Озерный. Мутновская Сопка (отм. 2323 *м*) — сопка Горелая — влк. Вилючинская Сопка — Вилючинск — Елизово — влк. Авачинская Сопка (отм. 2741 *м*) — влк. Корякская Сопка — влк. Жупановская Сопка — влк. Мал. Семлячик — Бол. Семлячик — влк. Сопка Кихпиныч — влк. Крашенинникова — влк. Кроноцкая Сопка — оз. Ажабачье — Усть-Камчатск — оз. Нерпичье — оз. Столбовое — г. Скалистая (отм. 1466 *м*) — влк. Шивелуч (отм. 3307 *м*) — оз. Харчинское (отм. 1219 *м*) — влк. Ключевская Сопка (4688 *м*) — Ключи -Майское — Козыревск — влк. Толбачинская Сопка (отм. 3672 *м*) — г. Николка (отм. 1689 *м*) — Щапино — г. Кудряш (отм. 1794 *м*) — Кирганик — Мильково — г. Корниловская (отм. 1695 *м*) — Пущино — г. Бакенинг (отм. 2277 *м*) — Ганалы — г. Юрчик (отм. 2058 *м*) — Малки — Дальний — Сокоч — влк. Сопка Опала (отм. 2460 *м*) — влк. Мутновская Сопка.
II	От границы I зоны до линии, соединяющей: Львов — Житомир — Тула — Н. Новгород — Ижевск — Томск — Канск. На Дальнем Востоке от границы I зоны до государственной границы. Включает географическую зону лесов с избыточным увлажнением грунтов.
II_1	С севера и востока ограничена I зоной, с запада — подзоной II_3, с юга — линией Рославль — Клин — Рыбинск — Березники — Ивдель.
II_2	Ограничена с севера подзоной II_1, с запада — подзоной II_4, с юга — III зоной, с востока и южной границей I зоны.
II_3	С севера ограничена государственной границей, с запада — границей с подзоной II_5, с юга — линией Рославль — Клин — Рыбинск, с востока — линией Псков — Смоленск — Орёл.
II_4	Ограничена с севера подзоной II_3, с запада — подзоной II_6, с юга — границей с III зоной, с востока — линией Смоленск — Орёл — Воронеж.
II_5	С севера и запада ограничена гос. границей, с востока — линией Минск — Бобруйск — Гомель, с юга — линией Барановичи — Рославль — Клин — Рыбинск.
II_6	С севера ограничена подзоной II_5, с запада — гос. границей, с юга — границей с III зоной, с востока — линией Минск — Бобруйск — Гомель.

Приложение А (продолжение)

Окончание таблицы П.А.1

1	2
III	От южной границы II зоны до линии, соединяющей: Кишинёв — Кировоград — Белгород — Самара — Магнитогорск — Омск — Бийск — Туран. Включает лесостепную географическую зону со значительным увлажнением грунтов в отдельные годы.
III_1	Ограничена с севера зоной II, с запада — подзоной III_2, с юга — IV зоной, с востока — I зоной.

Приложение Б (справочное)
«ГЛУБИНА ПРОМЕРЗАНИЯ ГРУНТОВ»



1 — граница сплошного распространения вечномёрзлых грунтов;
2 — то же островного; 3 — границы стран СНГ.

Рис. П.Б.1 *— Карта изолиний глубины промерзания $z_{np(cp)}$ грунтов на территории СНГ*

Приложение В (обязательное)
«УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ СТАЦИОНАРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ»

В.1. Общие положения

В.1.1. Стационарные наблюдения проводят с целью проверки правильности применяемых конструкций, способов производства работ, новых решений в области конструирования, расчёта, эксплуатации сооружений, а также установления характера их взаимодействия с многолетнемёрзлыми и сезонномёрзлыми грунтами.

В.1.2. Стационарные наблюдения проводят на специальных пунктах (постах), организуемых на опытных конструкциях, а также на характерных участках эксплуатируемых автомобильных дорог.

В.1.3. В программу наблюдений входит круглогодичное систематическое изучение:

- теплового режима грунтов земляного полотна и естественного основания (температура, глубина и скорость промерзания и оттаивания);
- водного режима грунтов земляного полотна и естественного основания (влажность, источники увлажнения);
- пучения и осадки грунтов земляного полотна дорожных покрытий;
- прочности и деформативности грунтов земляного полотна и естественного основания (модули деформации и упругости, сцепление и угол внутреннего трения);
- метеорологических условий (температура воздуха, осадки, ветер, время установления и схода снегового покрова, изменение его мощности и плотности в течение зимнего периода).

В.1.4. Наблюдательные пункты (посты) оборудуют после подробного изучения климатических, мерзлотно-грунтовых и гидрогеологических условий местности, конструктивных особенностей участка дороги и составляют специальный паспорт.

В.2. Температурный режим грунтов

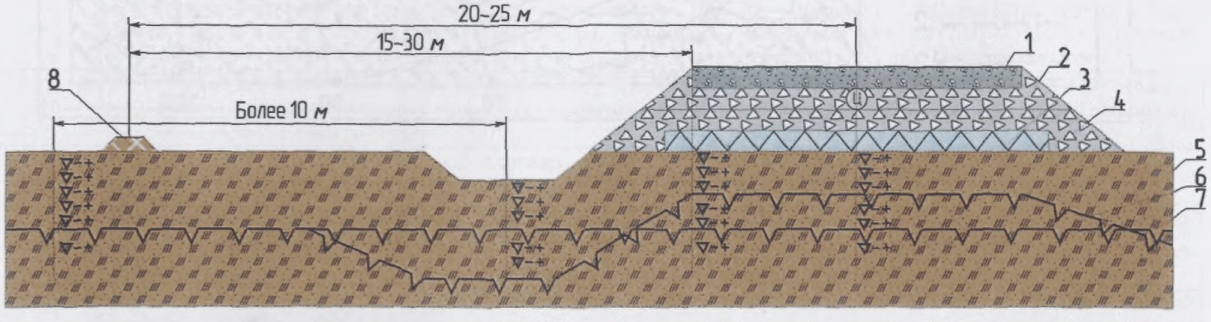
В.2.1. Наблюдения за температурой, глубиной и скоростью промерзания и оттаивания грунтов осуществляют с помощью жидкостных (ртутных, спиртовых) термометров, а также и электрических термометров сопротивления.

Жидкостные (заленивленные) термометры применяют, как правило, при измерениях температуры грунтов в шурфах и буровых скважинах, а электрические термометры сопротивления, — главным образом, в скважинах.

В.2.2. Глубина скважин, предназначенных для температурных наблюдений, должна быть более 5 м; скважины проходят без подлива воды. Верхнюю часть скважины в пределах талого грунта и на 0,5—1 *м* в мёрзлом состоянии обсаживают трубами. Выступающую часть обсадной трубы закрывают деревянным коробом, заполненным термоизоляционным материалом. Температуры начинают измерять не ранее чем через 3 суток.

В.2.3. Температуру фиксируют на глубине 0,2; 0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2; 2,5; 3 *м*; от 3 до 10 *м* — через каждый метр, а глубже 10 *м* — через 5 *м*. Термометры собирают связками менее 5 *штук* в каждой и с помощью шнура опускают в скважину, где их выдерживают не менее 3 ч. На глубинах до 3 *м* измеряют температуру четыре раза в сутки; до 10 *м* — один раз в сутки, глубже 10 *м* — один раз в месяц.

В.2.4. Предварительно оттарированные электрические термометры собирают в плети и с помо-



1 — цементобетон; 2 — смесь песчано-щебёночная, укреплённая цементом; 3 — геопенопласт «Стайрофом»; 4 — смесь песчано-щебёночная; 5 — грунт естественный; 6 — линия ВГММГ после строительства; 7 — линия ВГММГ после строительства; 8 — мерзлотный валик.

***Рис. П.В.1** — Схема заложения термометров и влагомеров на наблюдательном посту.*

щью соединительных проводов припаивают к штепсельному разъёму*. Длина соединительных проводов в каждом конкретном случае определяется расстоянием от места установки термометров до пункта наблюдения.

В.2.5. Пункт наблюдения имеет одну или несколько опытных секций** и помещение, в котором смонтирована измерительная аппаратура. На каждой секции оборудуют наблюдательный поперечник, разделённый на вертикали, которые в свою очередь состоят из наблюдательных точек, где установлены электротермометры. Количество вертикалей и наблюдательных точек на поперечнике определяют задачами исследования. Например, на дороге должно быть более четырёх вертикалей — по оси, на обочине, в резерве и за полосой отвода, что позволяет взять под наблюдение половину дорожной конструкции (рис. П.В.1).

В.2.6. При наличии отапливаемого помещения вблизи опытной секции провода от термометров можно присоединить к регистрирующему прибору типа электронного уравновешенного моста ЭМП — 209, позволяющего вести непрерывную запись температуры. Если отапливаемое помещение отсутствует, провода от термометров, припаянные к штепсельному разъёму, выводят на пост наблюдения (рис. П.В.1). В этом случае в качестве измерительной аппаратуры используют мосты постоянного тока типа Р-333 или МВУ-49, приспособленные для измерения по трёхпроводной системе, которая позволяет исключить влияние изменения сопротивления подводящих проводов. Результаты измерений температуры заносят в журнал наблюдений (таб. П.В.1).

* Штепсельные разъёмы выбирают по количеству термометров в плети; например, на 24 термометра можно использовать ШР-48, П-26-ЭШ2 с тщательной изоляцией мест припайки проводов.

** Под опытной секцией понимают участки дорог с различными конструкциями, способами их сооружения, а также отдельные элементы искусственных сооружений (фундаменты, опоры, устои и т.п.).

Таблица П.В.1 — Журнал наблюдений

Место установки	№ измерительной точки	Глубина заложения, *м*	Дата и часы наблюдений			
			$R_{изм}$, *Ом*	Поправка	$R_{испр}$, *Ом*	Температура, ^{o}C

Измерил
Подсчитал *(Подписи)*
Проверил

Таблица П.В.2 — Журнал наблюдений на постах и опытных участках

Место установки	№ измерительной точки	Глубина заложения, *м*	R_1, *Ом*	R_2, *Ом*	$R_{ср}$, *Ом*	Температурная поправка, ^{o}C	$R_{выч}$, *Ом*	Влажность, %	Влажность предела текучести	Относительная влажность

Измерил
Подсчитал *(Подписи)*
Проверил

В.3. Водный режим грунтов

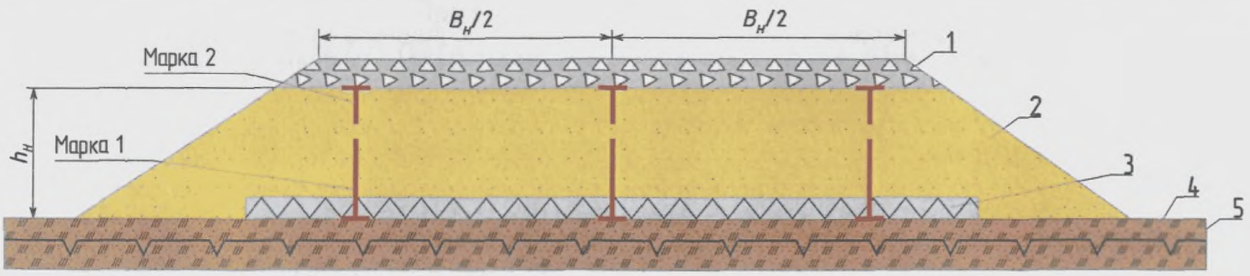
В.3.1. Влажность грунтов земляного полотна и основания дорожных конструкций замеряют с помощью радиоизотопного прибора типа НИВ (зимой и летом) или влагомеров типа АМ-11, действие которых основано на использовании зависимости между электрическим сопротивлением грунтов и их влажностью. Измерительным прибором служит мегометр типа М-1101 (на 100 В). Влагомеры позволяют наблюдать изменение влажности грунта только при его положительных температурах.

В.3.2. Каждый влагомер перед установкой предварительно тарируют в условиях близких к тем, в которых он будет работать. В результате тарировки должна быть получена зависимость электрического сопротивления от влажности грунта.

В.3.3. К подводящим проводам оттарированных влагомеров припаивают соединительные провода такой же длины, как для электротермометров, и комплектуют измерительную плеть. Влагомеры устанавливают на тех же глубинах, что и термометры, за исключением точек измерений, находящихся в вечномёрзлых грунтах (рис. П.В.1).

В.3.4. Влагомеры и термометры (датчики) устанавливают в земляное полотно и основание в следующем порядке:

- откапывают траншею (шурф), выравнивают его стенку в местах установки датчиков и пробивают шлямбуром отверстия глубиной 25—30 *см*;
- в отверстия вставляют датчики, предварительно обмазанные жидким грунтом, взятым



1 — смесь песчано-щебёночная; 2 — песок; 3 — геопенопласт «Стайрофом» ; 4 — грунт естественный; 5 — линия ВГММГ.

***Рис. П.В.2** — Схема установки марок в земляном полотне*

с этого горизонта, а отверстия забивают тем же грунтом;

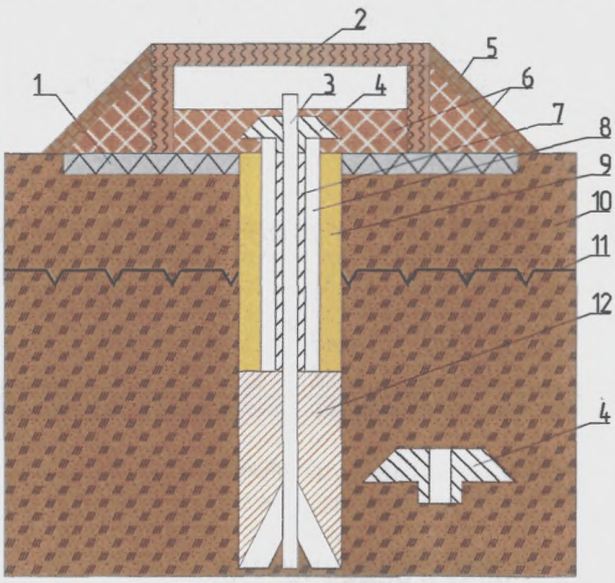
- провода от датчиков прокладывают по дну траншеи в трубах или обматывают толем (рубероидом). Вертикальный участок прокладки (от датчиков до дна траншеи) выполняют в виде спирали для предотвращения разрыва проводов при зимнем пучении;
- траншеи засыпают грунтом с сохранением прежнего порядка расположения слоёв и уплотняют до первоначальной плотности.

В.3.5. Электрическое сопротивление грунтов измеряют мегомметром в комплекте с переключателем и данные заносят в журнал наблюдений (табл. П.В.2).

В.3.6. В зимний период влажность грунтов определяют термостатно-весовым методом, для чего бурением отбирают образцы грунта с тех же глубин, на которых расположены влагомеры. Пробы мёрзлых грунтов в бюксы отбирают методом «бороздки» или «средней пробы». Бурение производят зимой один раз в месяц, весной в период оттаивания — один раз в 10 дней.

В.3.7. Наблюдения за источниками увлажнения дорожных конструкций (атмосферными осадками, уровнем грунтовых вод) проводят на специально оборудованных для этой цели площадках, скважинах или колодцах. Организация метеорологических наблюдений на постах должна быть согласована с УГМС РФ. Если вблизи опытных секций расположены метеорологические станции УГМС РФ, то данные о температуре и влажности воздуха, количестве и интенсивности осадков, скорости и направлении ветра, высоте и плотности снегового покрова выбирают по ежедневным наблюдениям, проводимым на станциях.

В.3.8. Уровень грунтовых вод фиксируют в скважинах (колодцах), оборудованных обсадными металлическими или эбонитовыми трубами с отверстиями для поступления воды. Измерения ведут от постоянной точки на поверхности земли рейкой или хлопушкой, прикреплённой к металлической ленте. Данные фиксируют один раз в 5 дней, а также после выпадения сильных дождей.



1 — геопенопласт «Стайрофом»; 2 — деревянный короб; 3 — стержень репера, заанкеренный в вечномёрзлый грунт; 4 — заглушка; 5 — мохоторф; 6 — грунт насыпной; 7— заполнение солидолом; 8 — труба; 9 — песок; 10 — грунт естественный; 11 — линия ВГММГ; 12 — глина.

***Рис. П.В.3** — Постоянный мерзлотный репер*

В.4. Наблюдения за осадкой (пучением) грунтов земляного полотна и дорожных покрытий

В.4.1. Пучение (осадку) фиксируют путём нивелирования специальных марок (маяков). На участках автомобильной дороги с капитальными и облегчёнными покрытиями применяют закреплённые в покрытиях стержни со шляпкой, имеющей сферическую поверхность или специальную выточку для установки на ней рейки. На участках дорог с переходными типами покрытий применяют марки, изготовленные из металлического листа толщиной 3—4 *мм*, размерами 15х15 *см*, к которому по центру приварен металлический стержень диаметром 8—12 *мм* и длиной 15—20 *см*.

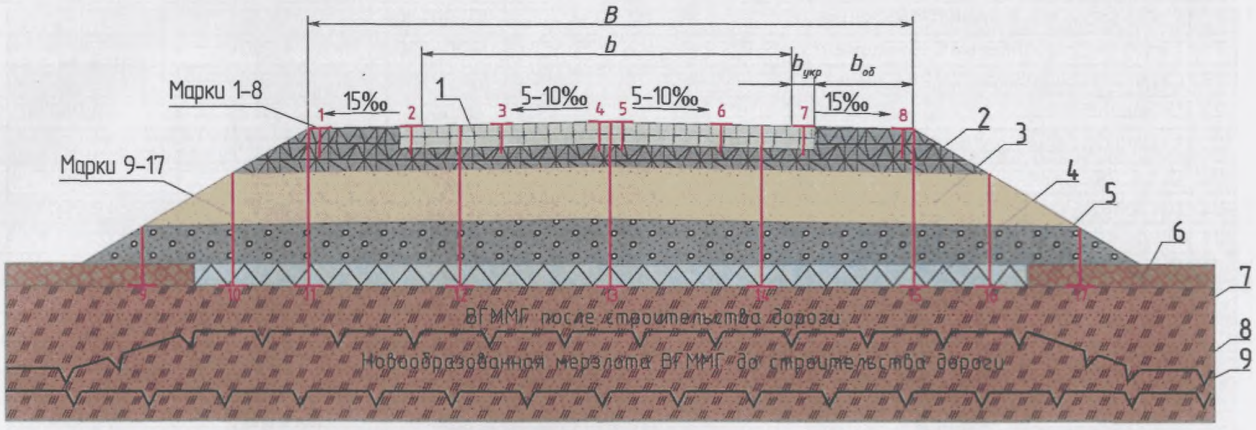
Марки устанавливают под покрытием (заглубляя стержни в грунт земляного полотна) в створе, перпендикулярно оси дороги. Створ закрепляют специальными столбами. На которых отмечают год закладки поста, его номер и составляют схему закрепления. Количество марок (рис.П.В.4) должно быть более трёх — по оси дороги и по кромкам проезжей части (или на обочинах при переходных типах покрытий).

4.2. Марки для наблюдений за осадкой (пучением) грунтов основания земляного полотна изготовляют из металлического листа толщиной 3—4 *мм* размерами 30х30 или 40х40 *см* и стержня диаметром 10—15 *мм*, приваренного по центру листа. Высота стержня должна быть на 10 см меньше высоты насыпи в точке установки. Для предотвращения смерзания марки с грунтом на стержень надевают металлическую трубку диаметром 15—20 *мм*, заполненную солидолом. Марки устанавливают по оси дороги, под левой и правой обочинами в створе, перпендикулярном оси дороги (рисунок П.13.2), и составляют схему закреп-ления.

В.4.3. Нивелировочной основой является мерзлотный репер (рис. П.В.3), устанавливаемый в придорожной полосе. Он представляет собой металлический стержень диаметром 20 *мм* с приваренной на конце крестовиной. Его заглубляют на двойную мощность сезонноттаивающего слоя, но более чем на 1,5 *м* ниже верхнего горизонта многолетнемёрзлых грунтов. Для этого предварительно пробуривают скважину. В пределах мёрзлой толщи скважину заливают глинистым раствором и на реперный стержень надевают трубу диаметром 40— 45 *мм*. После замерзания глинистого раствора зазор между трубой и стенкой скважины засыпают песком, а трубу заполняют солидолом и закрывают заглушкой. Выступающую часть репера закрывают деревянным коробом, заполненным термоизоляционным материалом; наружную часть короба утепляют местным грунтом с присыпкой из мха или торфа. На стенке трубы выбивают номер репера и делают соответствующие надписи, как и в обычных условиях.

Если репер устанавливают в шурфе, то металлический стержень закрепляют (в нижней части) в бетонном блоке размерами 40х40х40 *см*. Отметку репера принимают условной. Если вблизи пункта наблюдения имеется государственная геодезическая нивелировочная основа с абсолютной отметкой, то отметку репера привязывают к ней. Марки нивелируют регулярно 2 раза в месяц (1—16 числа) с точностью отсчётов по рейке 1 *мм*.

В.4.4. Для наблюдений за послойными деформациями земляного полотна и основания количество нивелировочных марок увеличивают, устанавливая их на разных глубинах в земляном полотне и сезонноттаивающем слое. Можно также использовать дистанционные и недистанционные пучиноосадкомеры.



1 — асфальтобетон двухслойный; 2 — щебень, уложенный по способу заклинки; 3 — песок; 4 — геопенопласт «Стайрофом»; 5 — смесь песчано-гравийная; 6 — мохоторф; 7 — грунт естественный; 8 — линия ВГММГ после строительства; 9 — линия ВГММГ до строительства.

Рис. П.В.4*— Конструкция опытного участка (пример) с марками для оценки пучения и осадок земляного полотна и дорожной одежды*

Приложение Г (справочное)
«ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНСТРУКТИВНЫХ СЛОЁВ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ»

Таблица П.Г.1 — Теплофизические характеристики конструктивных слоёв из различных дорожно-строительных материалов

№ п/п	Материал, грунт		Плотность ρ, кг/м^3	Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м•°К)	Коэффициент паропроницаемости, мг/(м•ч•Па)
1	Асфальтобетон горячий, плотный Тоже, пористый Тоже, высокопористый, в том числе битумопесчаная смесь		2400 2300 2200–1900	1,400 1,250 1,100–1,000	0,008
2	Аглопоритовый щебень, обработанный вязким битумом		800	0,230	0,008
3	Керамзитовый гравий, обработанный вязким битумом		1100	0,640	0,008
4	Гравий (щебень) с лёгкими заполнителями, обработанные вязким битумом		2000	0,520	0,008
5	Супесь, укреплённая 10%-ной эмульсией		1700–1900	1,456	
6	Цементобетон		2400	1,740	0,030
7	Песок разномерный, укреплённый 6-10% цемента		2100	1,860	
8	Песок мелкий, одномерный, укреплённый 10% цемента		2100	1,620	
9	Цементогрунт с керамзитом: песок – 75% (масса), керамзит – 25%, цемент – 5%		1500–1600		
10	Цементогрунт с гранулами полистирола: песок 97–98%, гранулы полистирола 3–2%, цемент 7–6%		1300–1500	0,410–0,580	
11	Битумоцементогрунт с перлитом, состав: перлитовый щебень 25–20%, песок 75–80%, цемент 3–4%, битум 12–10% (от массы песка, перлита и цемента)		1400	0,520–0,580	0,110
12	Цементогрунт с аглопоритом, состав: супесь или песок 70–80%, аглопорит 30–20%, цемент 6%		1700–1800	0,640–0,750	0,120
13	Шлакобетон		1600	0,580	0,083
14	Керамзитобетон		1400	0,750	0,098
15	Стиропорбетон		1000–1100	0,230	
16	Слабопрочные известняки, укреплённые известью		2000	1,160	
17	Суглинок, укреплённый 6–12% цемента		1750–1900	1,450	
18	Суглинок, укреплённый 2–5% цемента и 6–2% известью		1800–1900	1,330	
19	Супесь, укреплённая 8–10% цемента		1700–1900	1,510	
20	Пенопласт		39–60	0,052	0,050
21	Каменноугольная золошлаковая смесь, укреплённая 6–8% цемента		1600	0,700	
22	Шлак топочный		800	0,460	0,540
23	Щебень из гранита		1800	1,860	0,300
24	Щебень из известняка		1600	1,390	
25	Гравий		1800	1,860	
26	Песок крупный	талый	2000	1,740	0,230
		мёрзлый	2000	2,320	0,230
27	Песок средней крупности	талый	1950	1,910	0,230
		мёрзлый	1950	2,440	0,230
28	Песок мелкий	талый	1850	1,910	0,230
		мёрзлый	1850	2,320	0,230
29	Песок пылеватый	талый	1750	1,800	0,230
		мёрзлый	1750	2,200	0,230
30	Супесь	талая	2100	1,800	
		мёрзлая	2100	2,030	
31	Суглинок и глина	талые	2000	1,620	
		мёрзлые	2000	1,970	
32	Лёссы	талые	1500	1,510	
		мёрзлые	1500	2,090	
33	Одномерный гранитный щебень, обработанный вязким битумом		1850	1,280	0,008
34	Гравийно-песчаная смесь		2000	2,100	0,260
35	Гравийно-песчаная смесь, укреплённая 10% цемента		2000	2,020	

Приложение Д (справочное)
«РАСЧЁТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ В ТАЛОМ И МЁРЗЛОМ СОСТОЯНИИ»

Таблица П.Д.1 — Расчётные значения теплофизических характеристик грунтов в талом и мёрзлом состоянии

Плотность сухого грунта $\rho_{d.th}$, ρ_{df}, т/м^3	Суммарная влажность грунта w, доли единицы	Теплопроводность грунта, Вт/(м·°С), [ккал/(м·ч·°С)]								Объёмная теплоёмкость грунта, Дж/(м^3·°С)10^{-6} [ккал/(м^3·°С)]	
		Пески разной крупности и гравелистые		Супеси пылеватые		Суглинки и глины		Заторфованные грунты и торфы			
		λ_{th}	λ_f	λ_{th}	λ_f	λ_{th}	λ_f	λ_{th}	λ_f	C_{th}	C_f
0,1	9,00	–	–	–	–	–	–	0,81(0,70)	1,34(1,15)	4,00(950)	2,31(550)
0,1	6,00	–	–	–	–	–	–	0,40(0,35)	0,70(0,60)	2,73(650)	1,68(400)
0,1	4,00	–	–	–	–	–	–	0,23(0,20)	0,41(0,35)	1,88(450)	1,26(300)
0,1	2,00	–	–	–	–	–	–	0,12(0,10)	0,23(0,20)	1,05(250)	0,64(200)
0,2	4,00	–	–	–	–	–	–	0,81(0,70)	1,33(1,15)	3,78(900)	2,40(570)
0,2	2,00	–	–	–	–	–	–	0,23(0,20)	0,52(0,45)	2,10(500)	1,47(350)
0,3	3,00	–	–	–	–	–	–	0,93(0,80)	1,39(1,20)	4,15(990)	2,40(570)
0,3	2,00	–	–	–	–	–	–	0,41(0,35)	0,70(0,60)	3,32(750)	2,10(500)
0,4	2,00	–	–	–	2,10(1,80)	–	2,10(1,80)	0,93(0,80)	1,39(1,20)	3,78(900)	2,73(650)
0,7	1,00	–	–	–	2,10(1,80)	–	2,00(1,75)	–	–	3,60(855)	2,10(500)
1,0	0,60	–	–	–	2,00(1,75)	–	1,90(1,65)	–	–	3,44(820)	2,18(520)
1,2	0,40	–	–	–	1,90(1,65)	1,57(1,35)	1,80(1,55)	–	–	3,11(740)	2,12(505)
1,4	0,35	–	–	1,80(1,55)	1,86(1,60)	1,57(1,35)	1,66(1,45)	–	–	3,35(800)	2,35(560)
1,4	0,30	–	–	1,74(1,50)	1,80(1,55)	1,45(1,25)	1,57(1,35)	–	–	3,02(720)	2,18(520)
1,4	0,25	1,91(1,65)	2,14(1,85)	1,57(1,35)	1,68(1,45)	1,33(1,45)	1,51(1,30)	–	–	2,78(660)	2,06(490)
1,4	0,20	1,57(1,35)	1,86(1,60)	1,33(1,15)	1,51(1,30)	1,10(0,95)	1,22(1,05)	–	–	2,48(590)	1,89(450)
1,4	0,15	1,39(1,20)	1,62(1,40)	1,10(0,95)	1,27(1,10)	0,87(0,75)	0,99(0,85)	–	–	2,18(520)	1,76(420)
1,4	0,10	1,10(0,95)	1,27(1,10)	0,93(0,80)	1,05(0,90)	0,70(0,60)	0,75(0,65)	–	–	1,89(450)	1,74(415)
1,4	0,05	0,75(0,65)	0,81(0,70)	0,64(0,55)	0,70(0,60)	0,46(0,40)	0,52(0,45)	–	–	1,60(380)	1,47(350)
1,6	0,30	–	–	1,86(1,60)	1,97(1,70)	1,68(1,45)	1,86(1,55)	–	–	1,84(835)	2,48(590)
1,6	0,25	2,50(2,15)	2,73(2,35)	1,80(1,55)	1,91(1,65)	1,51(1,30)	1,68(1,45)	–	–	3,15(750)	2,35(560)
1,6	0,20	2,15(1,85)	2,37(2,05)	1,62(1,40)	1,74(1,50)	1,33(1,15)	1,51(1,30)	–	–	2,31(670)	2,14(510)
1,6	0,15	1,80(1,55)	2,00(1,75)	1,45(1,25)	1,57(1,35)	1,10(0,95)	1,22(1,05)	–	–	2,48(590)	2,02(480)
1,6	0,10	1,45(1,25)	1,62(1,40)	1,1(1,00)	1,28(1,10)	0,87(0,75)	0,93(0,80)	–	–	2,16(515)	1,80(430)
1,6	0,05	1,05(0,90)	1,10(0,95)	0,81(0,70)	0,87(0,75)	0,58(0,50)	0,64(0,55)	–	–	1,83(435)	1,68(400)
1,8	0,20	2,67(2,30)	2,84(2,45)	1,86(1,60)	1,97(1,70)	1,57(1,35)	1,80(1,55)	–	–	3,17(755)	2,14(575)
1,8	0,15	2,26(1,95)	2,62(2,25)	1,68(1,45)	1,80(1,55)	1,39(1,20)	1,57(1,35)	–	–	2,78(600)	2,26(540)
1,8	0,10	1,97(1,70)	2,20(1,90)	1,45(1,25)	1,57(1,35)	1,05(0,90)	1,22(1,05)	–	–	2,42(575)	2,04(485)
1,8	0,05	1,45(1,25)	1,51(1,30)	0,99(0,85)	0,99(0,85)	0,70(0,60)	0,75(0,65)	–	–	2,04(485)	1,89(450)
2,0	0,10	2,73(2,35)	2,90(2,50)	1,74(1,50)	1,86(1,60)	1,28(1,10)	1,39(1,20)	–	–	2,68(640)	2,26(540)
2,0	0,05	2,10(1,80)	2,14(1,85)	–	–	–	–	–	–	2,26(540)	2,10(500)

Обозначения:

λ_{th}, λ_f — теплопроводность талого и мёрзлого грунта соответственно;

C_{th}, C_f — объёмная теплоёмкость талого и мёрзлого грунта соответственно;

$\rho_{d.th}$, ρ_{df} — плотность талого и мёрзлого грунта в сухом состоянии соответственно.

Приложение Е (справочное)
«ТОЛЩИНА ГЕОПЕНОПЛАСТА «СТАЙРОФОМ» НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ II ТЕХНИЧЕСКОЙ КАТЕГОРИИ, ПРИ III ТИПЕ МЕСТНОСТИ, II—IV ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН, С АСФАЛЬТОБЕТОННЫМ ПОКРЫТИЕМ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ»

Таблица П.Е.1 — Толщина геопенопласта «Стайрофом» на автомобильных дорогах II технической категории, при III типе местности, во II—IV дорожно-климатических зонах, с асфальтобетонным покрытием на территории России

№ п/п	Населённый пункт	Толщина дорожной одежды 0,5 м $R_{од(о)}$ = 0,733 м²·°С/Вт*		Толщина дорожной одежды 1,0 м $R_{од(о)}$ = 0,979 м²·°С/Вт**		Наименьшее возвышение покрытия при III типе местности, без «Стайрофома», см***	Дорожно-климатические зоны и подзоны	Требуемое значение термического сопротивления $R_{од(max)}$, м²·°С/Вт****	Глубина промерзания, см
		При допущении пучения до 4 см толщина «Стайрофома», мм	Для недопущения пучения (0 см) толщина «Стайрофома», мм	При допущении пучения до 4 см толщина «Стайрофома», мм	Для недопущения пучения (0 см) толщина «Стайрофома», мм				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Республика Адыгея									
1	Майкоп	0	30/15	0	0	180/130	IV	1,050	60
Алтайский край									
2	Барнаул	50/50	110/110	40/40	100/100	210/150	III_1	2,900	200
Архангельская область									
3	Архангельск	40/35	90/85	30/15	30/23	240/180	II_1	2,400	160
Астраханская область									
4	Астрахань	0	50/46	0	30/32	120/80	V	1,650	80
Республика Башкортостан									
5	Уфа	40/36	100/98	30/16	90/84	210/150	III_1	2,650	180
Белгородская область									
6	Белгород	0	50/46	0	30/32	210/150	III_2	1,650	100
Владимирская область									
7	Владимир	30/20	80/75	0	70/63	240/180	II_4	2,200	140
Волгоградская область									
8	Волгоград	0	70/62	0	50/49	180/130	IV	1,950	120
Вологодская область									
9	Вологда	30/25	80/75	0	60/62	240/180	II_1	2,200	140
Воронежская область									
10	Воронеж	30/19	80/75	0	60/62	210/150	III_1	2,200	140
Республика Дагестан									
11	Махачкала	0	30/17	0	0	180/130	IV	1,050	60
Ивановская область									
12	Иваново	30/20	80/75	0	60/62	240/180	II_4	2,200	140
Кабардино-Балкарская Республика									
13	Нальчик	0	30/17	0	0	180/130	IV	1,050	60
Калининградская область									
14	Калининград	0	30/17	0	0	240/180	II_5	1,050	60
Республика Калмыкия									
15	Элиста	0	40/35	0	30/20	120/80	V	1,400	80
Калужская область									
16	Калуга	30/13	50/49	0	30/20	240/180	II_4	1,950	120
Камчатская область									
17	Петропавловск-Камчатский	60/55	110/108	40/38	100/98	240/180	II_1	2,650	170
Карачаево-Черкесская Республика									
18	Черкесск	0	30/18	0	0	180/130	IV	1,050	60
Республика Карелия									
19	Петрозаводск	30/25	80/75	0	60/62	240/180	II_1	2,200	140
Кемеровская область									
20	Кемерово	50/53	120/118	40/36	110/105	210/150	III_1	3,050	220
Кировская область									
21	Вятка	50/45	100/97	30/25	90/85	240/180	II_1	2,650	180

Приложение Е (продолжение)

Продолжение таблицы П.Е.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Республика Коми									
22	Сыктывкар	40/42	90/85	30/28	90/85	240/180	II_1	2,650	180
Костромская область									
23	Кострома	30/30	80/80	30/13	70/68	240/180	II_1	2,300	150
Краснодарский Край									
24	Краснодар	0	30/17	0	0	180/130	IV	1,050	60
Красноярский край									
25	Красноярск	60/55	110/113	40/42	100/102	240/180	II_1	2,950	200
Курганская область									
26	Курган	50/51	110/112	30/32	100/102	210/150	III_1	2,950	210
Курская область									
27	Курск	0	60/55	0	40/41	210/150	III_2	1,800	110
Липецкая область									
28	Липецк	30/10	60/63	0	50/49	210/150	III_1	1,950	120
Ленинградская область									
29	Санкт-Петербург	30/15	60/63	0	50/49	240/180	II_1	1,950	120
Республика Марий Эл									
30	Йошкар-Ола	30/32	90/85	30/14	70/72	240/180	II_4	2,400	160
Республика Мордовия									
31	Саранск	30/29	80/81	0	70/68	240/180	II_4	2,300	150
Московская область									
32	Москва	30/21	80/75	0	60/62	240/180	II_4	2,200	140
Нижегородская область									
33	Нижний Новгород	30/26	80/81	0	70/68	240/180	II_4	2,300	150
Новгородская область									
34	Новгород	30/22	70/68	0	60/56	240/180	II_1	2,075	110
Новосибирская область									
35	Новосибирск	50/52	120/117	40/36	110/107	210/150	III_1	3,050	220
Омская область									
36	Омск	50/52	120/117	40/36	110/107	210/150	III_1	3,050	220
Оренбургская область									
37	Оренбург	30/26	90/86	0	80/75	180/130	IV	2,450	170
Орловская область									
38	Орёл	0	60/55	0	40/41	210/150	III_2	1,800	110
Пензенская область									
39	Пенза	30/22	80/80	30/12	70/68	210/150	III_1	2,300	150
Пермская область									
40	Пермь	50/46	100/101	30/18	90/92	240/180	II_2	2,775	210
Приморский край									
41	Владимосток	30/25	80/75	0	70/63	240/180	II_1	2,200	140
Псковская область									
42	Псков	0	50/48	0	30/33	240/180	II_1	1,650	100
Ростовская область									
43	Ростов-на-Дону	0	40/41	0	30/26	180/130	IV	1,525	90
Рязанская область									
44	Рязань	30/18	80/75	0	60/63	210/150	III_1	2,200	140
Самарская область									
45	Самара	30/22	80/80	0	70/68	210/150	III_1	2,300	150
Свердловская область									
46	Екатеринбург	50/46	100/103	30/29	90/91	240/180	II_2	2,775	210
Саратовская область									
47	Саратов	30/21	80/78	0	70/65	180/130	IV	2,250	145
Сахалинская область									
48	Южно-Сахалинск	50/45	100/98	30/25	90/85	240/180	II_1	2,650	150
Республика Северная Осетия									
49	Владикавказ	0	30/18	0	0	180/130	IV	1,050	60

Приложение Е (окончание)

Окончание таблицы П.Е.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Смоленская область									
50	Смоленск	30/10	60/55	0	40/41	240/180	II_5	1,800	110
Ставропольский край									
51	Ставрополь	0	30/18	0	0	180/130	IV	1,050	60
Тамбовская область									
52	Тамбов	30/19	80/75	0	60/62	210/150	III_1	2,200	140
Республика Татарстан									
53	Казань	40/36	90/86	0	70/74	240/180	II_2	2,450	165
Тверская область									
54	Тверь	0	50/48	0	30/33	240/180	II_2	1,650	100
Томская область									
55	Томск	60/55	120/119	40/36	110/109	210/150	III_1	3,100	220
Тульская область									
56	Тула	30/10	60/63	0	50/49	210/150	III_1	1,950	120
Тюменская область									
57	Тюмень	50/52	110/113	40/36	100/101	240/180	II_2	2,950	210
Удмуртская Республика									
58	Ижевск	40/41	100/97	30/25	90/85	240/180	II_2	2,650	200
Ульяновская область									
59	Ульяновск	30/24	80/83	0	70/70	210/150	III_1	2,350	155
Хабаровский край									
60	Биробиджан	50/45	100/98	30/25	90/85	240/180	II_1	2,650	130
61	Хабаровск	60/55	110/108	40/38	100/98	240/180	II_1	2,900	270
62	Комсомольск-на-Амуре	60/55	110/110	40/38	100/100	240/180	II_1	2,900	300
Республика Хакасия									
63	Абакан	70/63	120/116	50/46	110/105	240/180	II_1	3,050	250
Челябинская область									
64	Челябинск	40/43	110/107	30/26	100/95	210/150	III_1	2,850	195
Чеченская Республика									
65	Грозный	0	30/17	0	0	180/130	IV	1,050	60
Чувашская Республика									
66	Чебоксары	30/27	90/85	30/11	70/73	210/150	III_1	2,400	160
Ярославская область									
67	Ярославль	30/27	80/78	30/13	60/64	240/180	II_1	2,230	150

Примечания:

* *— для геопенопласта «Стайрофом» с нагрузкой в 500 кПа, при 10% линейной деформации, по ГОСТ 17177-94;*

** *— для геопенопласта «Стайрофом» с нагрузкой в 350 кПа, при 10% линейной деформации, по ГОСТ 17177-94;*

*** *— над чертой — возвышение поверхности покрытия над уровнем грунтовых вод, верховодки или длительно (более 30 суток) стоящих поверхностных вод, под чертой — то же, над поверхностью земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком или над уровнем кратковременно (менее 30 суток) стоящих поверхностных вод (пункт 6.10. СНиП 2.05.02-85 таблица 21);*

**** *— Таблица 8.2. (приложение 3) «Типовые решения по востановлению несущей способности земляного полотна и обеспечению прочности и морозоустйчивости дорожной одежды на пучинистых участках автомобильных дорог», Москва, 2000 г.;*

Над чертой — рекомендуемая толщина геопенопласта «Стайрофом», под чертой — толщина геопенопласта «Стайрофом», полученная расчётом;

Грунт земляного полотна — супесь тяжёлая пылеватая или суглинок лёгкий пылеватый;

Глубина залегания грунтовых вод — 0,5 м;

Срок службы дорожной одежды между капитальными ремонтами — 20 лет.

Приложение Ж (справочное)

«ТОЛЩИНА ГЕОПЕНОПЛАСТА «СТАЙРОФОМ» НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ II ТЕХНИЧЕСКОЙ КАТЕГОРИИ, ПРИ III ТИПЕ МЕСТНОСТИ, В I ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ, С АСФАЛЬТОБЕТОННЫМ ПОКРЫТИЕМ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ»

Таблица П.Ж.1 — Толщина геопенопласта «Стайрофом» на автомобильных дорогах II технической категории, при III типе местности, в I дорожно-климатической зоне, с асфальтобетонным покрытием на территории России

№ п/п	Населённый пункт	Абсолютная средняя температура поверхности покрытия, ^0C	Температура грунта в зоне нулевых годовых амплитуд, ^0C	Продолжительность периода протаивания, час	При допущении пучения до 4 см толщина геопенопласта «Стайрофом», мм*	Наименьшее возвышение покрытия при III типе местности без геопенопласта «Стайрофом», см**	Дорожно-климатические зоны и подзоны	Требуемое значение термического сопротивления $R_{тр}$, $м^2 \cdot ^0C/Вт$	Глубина оттаивания ВМГ, см*
Республика Алтай									
1	Горно-Алтайск	+ 10,6	- 2	4680	130	500	I_3	4,300	420
Амурская область									
2	Благовещенск	+ 13,3	- 2	4680	160	393	I_3	5,400	400
3	Тында	+ 12,3	- 5	3816	40	436	I_2	1,200	390
Республика Бурятия									
4	Улан-Удэ	+12,0	- 5	4464	40	443	I_2	1,400	400
Иркутская область									
5	Иркутск	+ 9,3	- 2	4536	110	437	I_3	3,650	400
6	Ербогачён	+ 11,6	- 5	3768	30	402	I_2	1,000	360
Республика Коми									
7	Воркута	+ 7,7	- 5	3000	30/10	361	I_1	0,200	320
Таймарский АО									
8	Дудинка	+ 7,9	- 5	2784	30/10	323	I_1	0,200	290
Магаданская область									
9	Магадан	+ 8,4	- 2	3720	80	346	I_3	2,600	320
10	Сусуман	+ 7,5	- 2	3144	50	345	I_2	1,600	330
Мурманская область									
11	Мурманск	+ 6,9	- 2	4200	70	348	I_3	2,400	340
Республика Тыва									
12	Кызыл	+ 13,4	- 2	4368	150	347	I_3	5,100	400
Ханты-Мансийский АО									
13	Ханты-Мансийск	+ 13,5	- 2	4272	160	395	I_3	5,200	360
Ямало-Ненецкий АО									
14	Салехард	+ 10,0	- 2	3264	80	377	I_2	2,750	330
Читинская область									
15	Чита	+ 12,1	- 2	4296	140	449	I_2	4,600	400
Чукотский АО									
16	Анадырь	+ 7,2	- 5	2952	60	299	I_1	1,900	260
Республика Саха (Якутия)									
17	Якутск	+ 13,2	- 2	3720	130	385	I_2	4,300	350
18	Депутатский	+ 8,8	- 5	3192	30/10	247	I_1	0,300	220
Ненецкий АО									
19	Нарьян-Мар	+ 9,1	- 2	3480	80	366	I_2	2,600	320
Эвенкийский АО									
20	Тура	+ 12,0	- 2	4200	130	418	I_2	4,450	360

Примечания:

** — глубина сезонного оттаивания песчаных грунтов на ВМГ (по данным МГУ кафедра «Мерзлотоведения» профессор В.А. Кудрявцев и Н.А. Цытович «Механика мёрзлых грунтов»);*

*** — для геопенопласта «Стайрофом» с нагрузкой в 350 кПа, при 10% линейной деформации, по ГОСТ 17177-94;*

**** — минимальное возвышение поверхности покрытия в I дорожно-климатической зоне устанавливаются на основе теплотехнических расчётов, но более норм, указанных в прил. Л.*

Над чертой — рекомендуемая толщина геопенопласта «Стайрофом», под чертой – толщина геопенопласта «Стайрофом», полученная расчётом.

Приложение И (справочное)
«ПРИМЕР РАСЧЁТА ТОЛЩИНЫ ГЕОПЕНОПЛАСТА «СТАЙРОФОМ» НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ II ТЕХНИЧЕСКОЙ КАТЕГОРИИ, ПРИ III ТИПЕ МЕСТНОСТИ, I ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ, С АСФАЛЬТОБЕТОННЫМ ПОКРЫТИЕМ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ»

Пример расчёта высоты насыпи из грунта на ВМГ:

Исходные данные:

- автомобильная дорога II технической категории;
- расположена в Республике Алтай г. Горно-Алтайск — I_3 дорожно-климатическая подзона;
- грунт рабочего слоя земляного полотна — суглинок тяжёлый пылеватый;
- грунт насыпи — суглинок тяжёлый пылеватый;
- глубина оттаивания грунта — 4,2 *м*;
- тип местности увлажнения рабочего слоя земляного полотна — III;
- допустимая величина пучения — 4 *см*;
- расчёт ведём по **второму принципу**;
- минимальную высоту насыпи $h_н^{II}$ по **второму принципу** назначают по условию ограничения оттаивания грунтов основания в процессе эксплуатации дороги на глубину $h_{г.о.}$, при которой осадка $S_{доп}$ не превосходит для данного типа покрытия 4 *см*.
- характеристики грунта основания, по материалам изысканий: $W_{ест}$= 28,2%; ρ = 1,91 *т/м*^{3}; ε_o= 1,07.
- **второй принцип** проектирования применяют в I_3 ДКЗ, где температура в зоне нулевых годовых амплитуд составляет от минус 0,1°*C* до минус 1,0°*C*, необходимо снизить температуру грунта ниже минус 2,0°*C*, за счёт выполнения конструктивных и технологических мероприятий.

Расчёт (по ОДН 218.0.084-2006, приложение И)

$$h_н^{II} = H_н^р \cdot m_t - (H_н^р \cdot S_{доп})/(H_н^р - H_{д.с}) + S_{г.о.}, \quad (И.8)$$

где:

$H_н^р$ — расчётная глубина оттаивания грунта, слагающего насыпь, *м*;

m_t — коэффициент теплового влияния покрытий;

$S_{доп}$ — допустимая для данного типа покрытия общая осадка грунтов основания, *м*;

$H_{д.с}$ — мощность сезонноотаивающего слоя, *м*;

$S_{г.о.}$ — конечная осадка грунтов основания, определяют расчётом, *м*.

$S_{доп}$ = 0,04 *м*;

m_t= 1,15 (табл. И.2, рис. И.1)

$$H_н^р = K_w \cdot H_н^н, \quad (И.9)$$

где:

K_w — поправочный коэффициент к нормативной глубине оттаивания при расчётной влажности грунта насыпи, определяемый по графику (рис. И.2);

$H_н^н$ — нормативная глубина оттаивания грунта, слагающего насыпь, *м*, определяют по схематической карте (рис. И.4).

K_w = 1,1 так как влажность грунта 7%;

$H_н^н$ = 4,2 м при влажности 5%;

$H_р^н$ = 1,1 · 4,2 = 4,62 *м*;

$$H_{д.с.} = H_{нижс}^н - \sum_1^n h_{верх} \cdot (H_{нижс}^н / H_{верх}^н - 1), \quad (И.10)$$

где:

$H_{нижс}^н$ — нормативная глубина оттаивания грунта нижнего слоя, определяемая по карте;

$H_{верх}^н$ — тоже для верхнего слоя, *м*;

$h_{верх}$ — толщина верхнего слоя, *м*.

$H_{нижс}^н = H_{пгг}^н$ = 4,2 м (рис. И.4) при влажности W = 5%, а при влажности W = 7%

$H_{нижс}^н$ = 4,62 *м*;

$H_{верх}^н$ = 1,5 *м* (рис. И.6);

$h_{верх}$ = 0,15 м — толщина мохоторфорастительного покрова.

$H_{д.с.}$ = 4,62—0,15·(4,62/1,5—1) = 4,62—15·(3,08—1) = 4,62—0,31 = 4,31 *м*.

$$S_к = A_o \cdot h_{г.о.} + \frac{\alpha_o \cdot h_{г.о.}}{1+\varepsilon_o}\left(P_o + \frac{\gamma_{г.о.}^{max} \cdot h_{г.о.}}{2}\right), \quad (И.11)$$

где:

α_o — приведённый коэффициент уплотнения грунтов основания, *см*^{2}*/кг*, определяемый (табл. И.5);

A_o — приведённый коэффициент оттаивания грунтов основания, определяемый по табл. И.5;

$h_{г.о}max$ — максимальная глубина оттаивания грунтов основания,(И.6);

P_o — удельное давление на поверхность грунта основания (от подвижного состава и веса насыпи),

P_o = 0,0735 *МПа*, P_o = 0,049 *МПа* с геотекстилем;

$\gamma_{г.о.}^{max}$ — объёмный вес грунта основания, *кг/см*^{3} (прил. Г).

$$S_к = 0{,}05 \cdot 240 + \frac{0{,}07 \cdot 420}{1+1{,}07}\left(0{,}0735 + \frac{0{,}00191 \cdot 420}{2}\right) =$$

= 21+14,2(0,0735+0,4011) = 21+14,2(0,475) = 21+6,745 = 27,7 *см*

$h_н^{II}$ = 4,62·1,15—(4,62·0,04/4,62-4,31)+0,28 = 5,313—(0,185/0,31)+0,28 = 5,313—0,597+0,28 = 5,00 *м* (высота насыпи, суглинок тяжёлый пылеватый).

Определяем необходимую толщину геопенопласта «Стайрофом» с нагрузкой в 350—500 *кПа*, по СНиП 2.05.08-85 «Аэродромы» :

- продолжительность периода со среднесуточной температурой $\geqslant 0^{o}C$ — 195 суток;
- $t_{max} = +10{,}5^{o}C$ — средняя температура воздуха за период протаивания;
- $\theta_m = +10{,}6^{o}C$ — абсолютная средняя температура поверхности покрытия за период протаивания;
- τ_t = 4680 *ч* — продолжительность периода протаиваивания;
- τ_r = 8760 *ч* — продолжительность года в *ч*;
- $\theta = -2{,}0^{o}C$ — температура грунта в зоне нулевых годовых амплитуд.

Расчёт

1. Определяем критерий A по формуле (18.3):

$$A = \frac{|\theta_m \cdot \tau_t|}{|\theta \cdot \tau_r|},$$

где:

θ_m — среднепериодичная для процесса оттаивания температура поверхности покрытия, ^{o}C (рис. 18.1);

τ_r — продолжительность периода оттаивания (периода положительной температуры поверхности покрытия), *ч*;

θ — температура грунта на уровне её нулевых годовых амплитуд, ^{o}C;

τ_t — продолжительность года, *ч*.

$A = 10{,}6 \cdot 4680/2{,}0 \cdot 8760 = 49608/17520 = 2{,}8$

2.По графику (рис.18.2) определяем необходимое термическое сопротивление слоя геопенопласта «Стайрофом», при h_{np} = 0,5 *м* пучение будет составлять S = 0,04 *м*:

$R = 4{,}300$ *(м2·°C)/ Вт*

3. Определяем необходимую толщину слоя геопенопласта «Стайрофом» по формуле (18.2):

- $t_w = R_w \cdot \lambda$;
- $t_w = 4{,}300 \cdot 0{,}030 = 0{,}129$ *м* $\approx$ 13 *см*.

Приложение К (справочное)
«ЗНАЧЕНИЯ УПРУГОСТИ НАСЫЩЕННОГО ВОДЯНОГО ПАРА *Е* ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ОТ 0 °С ДО минус 41 °С, *Па*»

Таблица П.К.1 — Значения упругости насыщенного водяного пара Е при температуре от 0°С до минус 41°С, Па

t, °C	*E*, *Па*	*t*, °C	*E*, *Па*	*t*, °C	*E*, *Па*	*t*, °C	*E*, *Па*	*t*, °C	*E*, *Па*
0	611	минус 5,4	388	минус 10,6	245	минус 16,0	151	минус 23,0	77
минус 0,2	601	минус 5,6	381	минус 10,8	241	минус 16,2	148	минус 23,5	73
минус 0,4	592	минус 5,8	375	минус 11,0	237	минус 16,4	145	минус 24,0	69
минус 0,6	581	минус 6,0	369	минус 11,2	233	минус 16,6	143	минус 24,5	65
минус 0,8	573	минус 6,2	363	минус 11,4	229	минус 16,8	140	минус 25,0	63
минус 1,0	563	минус 6,4	356	минус 11,6	225	минус 17,0	137	минус 25,5	60
минус 1,2	553	минус 6,6	351	минус 11,8	221	минус 17,2	135	минус 26,0	57
минус 1,4	544	минус 6,8	344	минус 12,0	217	минус 17,4	132	минус 26,5	53
минус 1,6	535	минус 7,0	338	минус 12,2	213	минус 17,6	129	минус 27,0	51
минус 1,8	527	минус 7,2	332	минус 12,4	209	минус 17,8	128	минус 27,5	48
минус 2,0	517	минус 7,4	327	минус 12,6	207	минус 18,0	125	минус 28,0	47
минус 2,2	509	минус 7,6	321	минус 12,8	203	минус 18,2	123	минус 28,5	44
минус 2,4	400	минус 7,8	315	минус 13,0	199	минус 18,4	120	минус 29,0	42
минус 2,6	492	минус 8,0	310	минус 13,2	195	минус 18,6	117	минус 29,5	39
минус 2,8	484	минус 8,2	304	минус 13,4	191	минус 18,8	116	–	–
минус 3,0	476	минус 8,4	299	минус 13,6	188	минус 19,0	113	минус 30	38
минус 3,2	468	минус 8,6	293	минус 13,8	184	минус 19,2	111	минус 31	34
минус 3,4	460	минус 8,8	289	минус 14,0	181	минус 19,4	109	минус 32	34
минус 3,6	452	минус 9,0	284	минус 14,2	179	минус 19,6	107	минус 33	27
минус 3,8	445	минус 9,2	279	минус 14,4	175	минус 19,8	105	минус 34	25
минус 4,0	437	минус 9,4	273	минус 14,6	172	–	–	минус 35	22
минус 4,2	429	минус 9,6	268	минус 14,8	168	минус 20,0	103	минус 36	20
минус 4,4	423	минус 9,8	264	минус 15,0	165	минус 20,5	99	минус 37	18
минус 4,6	415	–	–	минус 15,2	163	минус 21,0	93	минус 38	16
минус 4,8	408	минус 10,0	260	минус 15,4	159	минус 21,5	89	минус 39	14
минус 5,0	402	минус 10,2	260	минус 15,6	159	минус 22,0	85	минус 40	12
минус 5,2	395	минус 10,4	251	минус 15,8	153	минус 22,5	81	минус 41	11

Приложение Л (справочное)
«РАСЧЁТ ВЫСОТЫ НАСЫПИ С УЧЁТОМ УВЛАЖНЕНИЯ МЕСТНОСТИ»

1. Для обеспечения устойчивости и прочности верхней части земляного полотна и дорожной одежды возвышение поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых вод, верховодки или длительно (более 30 сут.) стоящих поверхностных вод, а также над поверхностью земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком или над уровнем кратковременно (менее 30 сут.) стоящих поверхностных вод должно соответствовать требованиям табл. П.Л.1.

2. Возвышение поверхности покрытия на участках насыпей, проектируемых с откосами крутизной менее 1:1,5, а также с бермами, допускается уточнять на основании расчёта.

3. Минимальное возвышение поверхности покрытия в I дорожно-климатической зоне устанавливают также на основе теплотехнических расчётов.

Таблица П.Л.1 — Расчёт высоты насыпи с учётом увлажнения местности

Грунт рабочего слоя	Наименьшее возвышение поверхности покрытия, *м*, в пределах I дорожно-климатической зоны в подзонах		
	I_1	I_2	I_3
Песок мелкий, супесь лёгкая крупная, супесь лёгкая	$\frac{1,1}{0,9}$	$\frac{1,2}{1,0}$	$\frac{1,3}{1,1}$
Песок пылеватый, супесь пылеватая	$\frac{1,5}{1,2}$	$\frac{1,6}{1,3}$	$\frac{1,7}{1,4}$
Суглинок лёгкий, суглинок тяжёлый, глины	$\frac{2,2}{1,6}$	$\frac{2,3}{1,7}$	$\frac{2,4}{1,8}$
Супесь тяжёлая пылеватая, суглинок лёгкий пылеватый, суглинок тяжёлый пылеватый	$\frac{2,4}{1,8}$	$\frac{2,5}{1,9}$	$\frac{2,6}{2,0}$

Примечания:

1. Над чертой – возвышение поверхности покрытия над уровнем грунтовых вод, верховодки или длительно (более 30 сут.) стоящих поверхностных вод; под чертой — то же, над поверхностью земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком или над уровнем кратковременно (менее 30 сут.) стоящих поверхностных вод.

2. За расчётный уровень грунтовых вод надлежит принимать максимально возможный осенний (перед промерзанием) уровень за период между восстановлениями прочности дорожных одежд (капитальными ремонтами). В районах, где наблюдаются частые продолжительные оттепели, за расчётный следует принимать максимально возможный весенний уровень грунтовых вод за период между капитальными ремонтами. В районах с глубиной промерзания менее толщины дорожной одежды за расчётный уровень следует принимать максимально возможный уровень грунтовых вод требуемой вероятности превышения в период его сезонного максимума. Положение расчётного уровня грунтовых вод следует устанавливать по данным разовых краткосрочных замеров на период изысканий и прогнозов, составляемых институтом ВСЕГИНГЕО. При отсутствии указанных данных, а также при наличии верховодки за расчётный допускается принимать уровень, определяемый по верхней линии оглеения грунтов.

3. Возвышение поверхности покрытия дорожной одежды над уровнем подземных вод или уровнем поверхностных вод при слабо- и среднезасолённых грунтах следует увеличивать на 20% (для суглинков и глин – 30%), а при сильнозасолённых грунтах — на 40–60%.

Приложение М (справочное)
«СПИСОК НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ И ЛИТЕРАТУРЫ»

1. Федеральный закон от 27.12.2002 г. №184-ФЗ «О техническом регулировании».
2. ГОСТ Р 1.5–2002. «СТАНДАРТЫ Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению».
3. ГОСТ Р 1.4–2004. «СТАНДАРТЫ ОРГАНИЗАЦИЙ Общие положения».
4. ГОСТ Р 1.5–2004. «СТАНДАРТЫ НАЦИОНАЛЬНЫЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Правила построения, изложения, оформления и обозначения».
5. ГОСТ Р 50597-93. «Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения».
6. ГОСТ 21.511-83. «Автомобильные дороги. Земляное полотно и дорожная одежда».
7. ГОСТ 17177-94. «Материалы и изделия строительные теплоизоляционные».
8. ГОСТ 23250-78. «Материалы строительные».
9. СНиП 2.02.04-88. Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах.
10. СНиП 3.02.01-87. Земляные сооружения, основания и фундаменты.
11. СНиП 12-03-2001. Безопасность труда в строительстве.
12. СНиП III-4-80. Техника безопасности в строительстве.
13. СНиП 2.05.03-84*. «Мосты и трубы».
14. СНиП 2.05.02-85. «Автомобильные дороги».
15. СНиП 3.06.03-85*. «Автомобильные дороги. Правила производства и приёмки работ».
16. СНиП 3.01.01-85*. «Организация строительного производства».
17. СНиП 2.05.08-85. «Аэродромы».
18. СНиП 3.06.06-88. «Аэродромы».
19. СНиП 2.02.04-88. «Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах».
20. СНиП 2.07.01-89. «Градостроительство. Планировка в застройках городских и сельских поселений».
21. СНиП 2.05.07-91*. «Промышленный транспорт».
22. СНиП 3.06.04-91. «Мосты и трубы».
23. СНиП 32-03-96. «Аэродромы».
24. СНиП 23-01-99. «Строительная климатология».
25. ОДМ 218.1.001–2005. «Рекомендации по разработке и применению документов технического регулирования в сфере дорожного хозяйства».
26. ОДН 218.046-01. «Проектирование нежёстких дорожных одежд».
27. СП 32-101-95. «Проектирование и устройство фундаментов опор мостов в районах распространения вечномёрзлых грунтов».
28. СН 121-73. «Указания по производству и приёмке аэродромно-строительных работ».
29. ВСН 61-89. «Изыскания, проектирование и строительство железных дорог в районах ВМГ».
30. ВСН 84-89. «Изыскания, проектирование и строительство автомобильных дорог в районах ВМГ».
31. ВСН 123-77. «Инструкция по устройству покрытий и оснований из щебёночных, гравийных и песчаных материалов, обработанных органическими вяжущими».
32. ВСН 139-80. «Инструкция по строительству цементобетонных покрытий автомобильных дорог».
33. ВСН 210-91. «Нормы проектирования, строительства и эксплуатации противоналедных сооружений и устройств».
34. ВСН 197-91. «Инструкция по проектированию жёстких дорожных одежд».
35. «Пособие по проектированию методов регулирования водно-теплового режима верхней части земляного полотна» к СНиП 2.05.02-85.
36. «Типовые решения по восстановлению несущей способности земляного полотна и обеспечению прочности и морозоустойчивости дорожной одежды на пучинистых участках автомобильных дорог» РОСАВТОДОР от 14.06.2000 г. № 113-р.
37. «Пособие по устройству теплоизолирующих слоев из пенопласта STYROFOAM на автомобильных дорогах России». В.И. Рувинский.
38. «Пособие по устройству теплоизолирующих слоев из материала STYROFOAM на автомобильных дорогах Восточной Сибири и Дальнего Востока». В.И. Рувинский.
39. ТУ 2244-001-42809359-02. ПЛИТЫ ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНЫЕ ЭКСТРУДИРОВАННЫЕ STYROFOAM.
40. «Отчёт о научно-исследовательской работе «Испытания свойств пенополистирола марки «*Floormate 500*» производства фирмы «DOW» для возможности применения при усилении железнодорожного пути» МПС «МИИТ». 2000 г.».
41. «Отчёт о научно-исследовательской работе «Исследование свойств экструдированного пенополистирола марки «Solimate 700» производства фирмы «DOW» для возможности применения при усилении железнодорожного пути» МПС «МИИТ, НИИТТ». 2001 г.».
42. «Отчёт о научно-исследовательской работе по теме «Исследования эксплуатационного состояния участка дороги Омск — Новосибирск (*км* 1304, ПК 101 +40 — ПК 106+00) с теплоизолирующими слоями из пенопласта «STYROFOAM».
43. ОДМ.218.0.084-2006 «Рекомендации по изысканиям, проектированию и строительству автомобильных дорог в районах вечной мерзлоты».

«ЛИТЕРАТУРА»

1. Алексеев В.Р. «Наледи». 1987 г.
2. Бабков В.Ф., Андреев О.В. «Проектирование автомобильных дорог». 1987 г.
3. Вели Ю.Я., Докучаев В.И., Фёдоров Н.Ф. и др. «Справочник по строительству на вечномёрзлых грунтах». 1977 г.
4. Давыдов В.А. «Прочностные характеристики грунтов земляного полотна автомобильных дорог в центральных и южных районах зоны вечной мерзлоты». 1966 г.
5. Давыдов В.А. «Оценка прочности грунтов земляного полотна дорожных покрытий переходного типа в I дорожно-климатической зоне». 1968 г.
6. Давыдов В.А. «Методические рекомендации по теплотехническому расчёту насыпей автомобильных дорог». 1977 г.
7. Давыдов В.А. «Прогноз расчётных показателей грунтов земляного полотна автомобильных дорог для условий юга Сибири». 1978 г.
8. Давыдов В.А., Бржезицкий Б.Ф. и др. «Номограммы для теплотехнических расчётов насыпей автомобильных дорог». 1978 г.
9. Давыдов В.А. «Особенности проектирования автомобильных дорог в районах вечной мерзлоты (методы расчётов прочности и устойчивости дорожных конструкций)». 1980 г.
10. Давыдов В.А. «О назначении высоты насыпей на многолетнемёрзлых грунтах Крайнего Севера России». 1997 г.
11. Давыдов В.А., Троян Л.П. «Опыт применения методов биолокации для учёта геопатогенных зон при проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог». 2000 г.
12. Давыдов В.А. «Принципы проектирования и строительства дорог в зоне вечной мерзлоты (на многолетнемёрзлых грунтах)». 2002 г.
13. Давыдов В.А. «Дорожно-климатическое районирование I дорожно-климатической зоны (ДКЗ) — зоны вечной мерзлоты». 2003 г.
14. Досенко В., Габриэльсон С., Йордебю И. «Автомобильные дороги». Шведские нормы 1994 г.
15. Евгеньев И.Е., Казарновский В.Д. «Земляное полотно автомобильных дорог на слабых грунтах». 1976 г.
16. Казарновский В.Д. «Вопросы расчёта и конструирования земляного полотна на слабых грунтах». 1973 г.
17. Кеннет М.А. «Строительство и эксплуатация зимних дорог в Канаде и на Аляске». 1978 г.
18. Кудрявцев М.Н. «Проектирование автомобильных дорог в разных природных условиях». 1962 г.
19. Кудрявцев В.А. «Общее мерзлотоведение (геокриология)». 1978 г.
20. Лыков А.В. «Теория теплопроводности». 1952 г.
21. Малышев А.А., Давыдов В.А., Золотарь И.А. и др. «Земляное полотно автомобильных дорог в северных условиях». 1974 г.
22. Сумгин М.И. «Физико-механические процессы во влажных и мёрзлых грунтах в связи с образованием пучин на дорогах». 1929 г.
23. Давыдов В.А. «Теплотехнический расчёт промерзания-протаивания дорожных конструкций и определение высоты насыпи дорог на Крайнем Севере». 1987 г.
24. Пузаков Н.А. «Водно-тепловой режим земляного полотна и автомобильных дорог». 1960 г.
25. Пузаков Н.А., Золотарь И.А., Сиденко В.М. и др. «Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд». 1971 г.
26. Пузаков Н.А., Давыдов В.А. «Особенности водно-теплового режима земляного полотна в условиях вечной мерзлоты и их учёт при расчёте прочности и устойчивости дорожных одежд». 1972 г.
27. Золотарь И.А., Борщук И.Л., Давыдов В.А. и др. «Автомобильные дороги Севера». 1981 г.
28. Цернант А.А. и др. «Конструкции технологии: круглогодичного сооружения земляного полотна из твердомёрзлых грунтов в заполярной тундре». 1987 г.
29. Цытович Н.А., Сумгин М. И. «Основы механики мёрзлых грунтов». 1937 г.

УДК 625.72 +625.7.08: 625.731.1:624.139: 551.34 (083.75)
ОКС 91.100.60
ОКП 224440
КГС
ОКСТУ

Ключевые слова: автомобильные дороги, геопенопласт «Стайрофом», вечная мерзлота, многолетнемёрзлые грунты, геокриология, дорожно-климатическое районирование зоны вечной мерзлоты, мерзлотно-грунтовые исследования, изыскания, трассирование, проектирование дорог, принципы проектирования и строительства, конструкции земляного полотна, водоотводные сооружения на вечной мерзлоте, наледи, конструкции дорожных одежд, мониторинг дорог, опытные участки, теплоизоляция насыпей, расчёт высоты насыпи, снегонезаносимость насыпей, водно-мерзлотный режим, водопропускные трубы, сборные металлические гофрированные трубы, расчёт водопропускных труб, расчёт промерзания грунтов, расчёт строительной осадки, сроки производства работ, просыхание грунтов в расчищенных резервах, особенности расчёта дорожных одежд на многолетнемёрзлых грунтах, технологические схемы сооружения земляного полотна, геотекстиль для укрепления откосов насыпей и выемок, армирование асфальтового бетона геосетками, охрана окружающей среды.

Руководитель организации разработчика:
ФГУП «РОСДОРНИИ» ФДА МИНТРАНСА РФ
Генеральный директор, д-р эконом. наук _____ С. В. Федотов

«16» мая 2006 г.

Руководитель разработки и исполнитель:
Нач. отдела №31 «Исследования дорог
на многолетнемёрзлых грунтах», профессор _____ В. А. Давыдов

«10» мая 2006 г.

СОИСПОЛНИТЕЛИ:
Руководитель организации-соисполнителя
«ДАУ ЮРОП ГмбХ»
Генеральный директор _____ Адриаан ван ден Берге

«12» мая 2006 г.

Руководитель разработки и исполнитель:
Технический эксперт по «STYROFOAM» в России _____ С. В. Матанцев

«10» мая 2006 г.

СТО 218.3.001-2006
ОКС 93.080.01
91.100.60

НАСЕЛЕННЫЕ ПУНКТЫ

◎	более	1000 000 жителей
◉	500 000 –	1000 000 жителей
●	100 000 –	500 000 жителей
⊙	50 000 –	100 000 жителей
○	10 000 –	50 000 жителей
∘	менее	10 000 жителей
МОСКВА	Столица Российской Федерации	
МИНСК	Столицы государств	
Казань	Столицы и центры субъектов Российской Федерации	
Омикон	Прочие населенные пункты	

ЦИФРАМИ НА КАРТЕ ОБОЗНАЧЕНЫ:

1 Коми – Пермяцкий автономный округ
2 Удмуртия
3 Марийская Республика
4 Нижегородская область
5 Чувашия
6 Мордовия
7 Краснодарский край
8 Ставропольский край
9 Адыгея
10 Карачаево-Черкесия
11 Кабардино-Балкария
12 Северная Осетия-Алания
13 Ингушетия
14 Чеченская Республика
15 Усть-Ордынский Бурятский автономный округ
16 Агинский Бурятский автономный округ

Примечание. Названия областей, одноименные с их центрами, на карте не подписаны, кроме Архангельской и Тюменской областей, в состав которых входят автономные округа

1 ..... границы между подзонами в I дорожно-климатической зоне (зоне Вечной Мерзлоты)
—— границы между I и II дорожно-климатическими зонами
2 ..... границы между подзонами во II дорожно-климатической зоне
—— границы между II и III дорожно-климатическими зонами
3 ..... границы между подзонами в III дорожно-климатической зоне
—— границы между III и IV дорожно-климатическими зонами
4 —— границы между IV и V дорожно-климатическими зонами

Примечания. 1. Государственные границы России и сопредельных государств показаны в соответствии с заключенными СССР договорами с сопредельными государствами и существовавшим республиканским делением СССР.

Дорожно-климатическое районирование (объединено с новой картой районирования зоны вечной мерзлоты)

gost.e-ecolog.ru